

ISSN 2587-8824



АПК России

Научный журнал

Основан в 1993 году

Том 27
№ 1



Челябинск
2020

16+

ISSN 2587-8824



Agro-Industrial Complex of Russia

Scientific Journal

Published since 1993

Volume 27
Issue 1



Chelyabinsk
2020



АПК России**Agro-Industrial Complex of Russia**

Журнал включен в международную БД AGRIS

Журнал включен в перечень ВАК
рецензируемых научных изданий
(распоряжение Министерства науки
и высшего образования Российской Федерации
от 12 февраля 2019 г. № 21-р)

Журнал включен в систему Российского индекса
научного цитирования (РИНЦ): <http://www.elibrary.ru>

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ
№ ФС 77-65320 от 12.04.2016
(РОСКОНАДЗОР, г. Москва)

The log is included in the international AGRIS database

The log is included in the list of the Highest certifying
commission of the reviewed scientific publications
(order of the Ministry of science and the higher education
of the Russian Federation
of February 12, 2019 No. 21-r)

The journal is included in the Russian Science
Citation Index: <http://www.elibrary.ru>

Certificate of registration SMI PI
№ FS 77-65320 of 12.04.2016
(ROSKOMNADZOR, city of Moscow)

И. о. главного редактора

доктор биологических наук, профессор
Мифтахутдинов Алевтин Викторович

Acting editor-in-chief

Doctor of Biological Sciences, Professor
Miftakhutdinov Alevtin Viktorovich

Редакционная коллегия

Фисинин В. И., д-р с.-х. наук, проф., академик РАН

Менков Н. Д., д-р техн. наук

Алымбеков К. А., д-р техн. наук

Басарыгина Е. М., д-р техн. наук, проф.

Безин А. Н., д-р ветеринар. наук, проф.

Белов В. В., д-р техн. наук, проф., член-корр. РАЕ

Буторин В. А., д-р техн. наук, проф.

Васильев А. А., д-р с.-х. наук

Возмилов А. Г., д-р техн. наук, проф.

Дерхо М. А., д-р биол. наук, проф.

Горшков Ю. Г., д-р техн. наук, проф.

Гриценко А. В., д-р техн. наук

Зезин Н. Н., д-р с.-х. наук

Косилов В. И., д-р с.-х. наук, проф.

Линенко А. В., д-р техн. наук, проф.

Лыкасова И. А., д-р ветеринар. наук, проф.

Мударисов С. Г., д-р техн. наук, проф.

Овчинников А. А., д-р с.-х. наук, проф.

Панфилов А. Э., д-р с.-х. наук, проф.

Позняковский В. М., д-р биол. наук, проф.

Синявский И. В., д-р биол. наук

Тихонов С. Л., д-р техн. наук, проф.

Торопова Е. Ю., д-р биол. наук, проф.

Тошев А. Д., д-р техн. наук, проф.

Трояновская И. П., д-р техн. наук, ст. научн. сотрудник

Тюлебаев С. Д., д-р с.-х. наук, проф.

Фоминых А. В., д-р техн. наук, проф.

Чарыков В. И., д-р техн. наук, проф.

Шепелёв С. Д., д-р техн. наук

Юдин М. Ф., д-р с.-х. наук, проф.

Editorial board

Fisinin V. I., Dr. Sci. (Agricultural), Professor, Academician
of Russian Academy of Sciences

Menkov N. D., Dr. Sci. (Technical)

Alymbekov K. A., Dr. Sci. (Technical)

Basarygina E. M., Dr. Sci. (Technical), Professor

Bezin A. N., Dr. Sci. (Veterinary), Professor

Belov V. V., Dr. Sci. (Technical), Professor,
Corresponding Member of the Russian Academy
of Natural History

Butorin V. A., Dr. Sci. (Technical), Professor

Vasilyev A. A., Dr. Sci. (Agricultural)

Vozmilov A. G., Dr. Sci. (Technical), Professor

Derkho M. A., Dr. Sci. (Biological), Professor

Gorshkov Yu. G., Dr. Sci. (Technical), Professor

Gritsenko A. V., Dr. Sci. (Technical)

Zezev N. N., Dr. Sci. (Agricultural)

Kosilov V. I., Dr. Sci. (Agricultural), Professor

Linenko A. V., Dr. Sci. (Technical), Professor

Lykasova I. A., Dr. Sci. (Veterinary), Professor

Mударисов S. G., Dr. Sci. (Technical), Professor

Ovchinnikov A. A., Dr. Sci. (Agricultural), Professor

Панфилов A. E., Dr. Sci. (Agricultural), Professor

Poznyakovskiy V. M., Dr. Sci. (Biological), Professor

Sinyavskiy I. V., Dr. Sci. (Biological)

Tikhonov S. L., Dr. Sci. (Technical), Professor

Toropova E. Y., Dr. Sci. (Biological), Professor

Toshev A. D., Dr. Sci. (Technical), Professor

Trojanovskaja I. P., Dr. Sci. (Technical), Senior researcher

Tulebaev S. D., Dr. Sci. (Agricultural), Professor

Fominykh A. V., Dr. Sci. (Technical), Professor

Tcharykov V. I., Dr. Sci. (Technical), Professor

Shepelev S. D., Dr. Sci. (Technical)

Yudin M. F., Dr. Sci. (Agricultural), Professor

Учредитель:

ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».
South-Ural State Agrarian University.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Абилова Е. В., Ломов В. Н. Факторы эффективности производства зерна в фермерских хозяйствах Южного Зауралья...9	
Агеев А. А., Анисимов Ю. Б., Калюжина Е. Л. Опыт применения минимальной и нулевой технологий в земледелии Южного Зауралья...17	
Астафьев В. Л. Севооборот и защита растений в условиях засушливого земледелия.....24	
Зыбалов В. С., Сергеев Н. С., Запевалов М. В. Результаты мониторинга залежных земель в лесостепной зоне Южного Урала.....30	
Миндиарова В. О., Савенкова Д. С., Филиппова Ю. О., Милованов А. В., Трошин Л. П. Сравнение методов выделения ДНК из листьев винограда с целью секвенирования.....38	

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Аверьянов Ю. И., Глемба К. В., Гриценко А. В. Повышение комфортного состояния производственной среды наземных транспортно-технологических машин оптимизацией температурного энергобаланса микроклимата.....45	
Ажигова С. В., Сергеев Н. С. Теоретические предпосылки к обоснованию технологической линии для приготовления жидкого заменителя цельного молока с использованием диспергатора-гомогенизатора роторного типа.....60	
Ахмедьянова Е. Н., Ахмедьянова К. Т., Редников С. Н. СВЧ-подвод для сушки органических продуктов.....67	
Банин Р. В., Буторин В. А., Саплин Л. А., Бондарчук П. И. Особенности проектирования, изготовления и апробации силового импульсного преобразователя источника тока на основе самотактируемого полумостового драйвера...72	

CONTENT

AGRONOMIC SCIENCES

Abilova E. V., Lomov V. N. Grain production efficiency factors in peasant farm enterprises of the Southern Trans-Urals.....9	
Ageev A. A., Anisimov Yu. B., Kalyuzhina E. L. Minimal and zero agricultural technologies applied in the climate of the Southern Trans-Urals.....17	
Astafiev V. L. Crop rotation and plant protection in dry farming.....24	
Zybalov V. S., Sergeev N. S., Zapevalov M. V. The results of monitoring fallow lands in the forest-steppe zone of the Southern Urals...30	
Mindiarova V. O., Savenkova D. S., Filippova Yu. O., Milovanov A. V., Troshin L. P. Comparing the methods of DNA isolation from vine leaves for sequencing.....38	

TECHNICAL SCIENCES

Aver'yanov Yu. I., Glemba K. V., Gritsenko A. V. Improving the comfortable state of the production environment of ground transportation and technological machines by optimizing the temperature energy balance of the microclimate.....45	
Azhigova S. V., Sergeev N. S. Theoretical background to justifying the production line for preparing a liquid substitute for whole milk using a rotary-type homogenizer dispersant.....60	
Akhmedyanova E. N., Akhmedyanova K. T., Rednikov S. N. Microwave supply for drying organic products.....67	
Banin R. V., Butorin V. A., Saplin L. A., Bondarchuk P. I. Design, manufacturing and testing features of the power pulse converter of a current source based on a self-responsive half-bridge driver.....72	

Банин Р. В., Саплин Л. А., Шигаева Н. В. Использование современных программных средств проектирования электронных устройств для повышения эксплуатационной надежности асинхронных двигателей.....	Banin R. V., Saplin L. A., Shigaeva N. V. Modern software for designing electronic devices to increase the operational reliability of induction motors.....	80	80
Буторин В. А., Саплин Л. А., Царев И. Б. Функция затрат, связанная с запасами для технологического присоединения энергопринимающих устройств к электрическим сетям.....	Butorin V. A., Saplin L. A., Tsarev I. B. Cost function associated with stocks for technological connection of power receivers to electric networks.....	85	85
Велиев Р. Н. Обоснование основных параметров нового устройства для отделения зерен кукурузы от початков.....	Veliyev R. N. Justifying the main parameters of a new device for separating corn grains from ears.....	90	90
Глемба К. В., Гриценко А. В., Аверьянов Ю. И., Плаксин А. М. Исследование показателей системы «оператор-машина-среда» в технологическом процессе.....	Glemba K. V., Gritsenko A. V., Averyanov Yu. I., Plaksin A. M. Studying the indicators of the system “operator-machine-environment” in the process.....	95	95
Козлов А. Н., Шатруков В. И., Плескачев П. А. Исследование высокотехнологических фильтров «Профитмилк» для очистки сырого молока.....	Kozlov A. N., Shatrukov V. I., Pleskachev P. A. The study of high-tech filters “Profitmilk” for raw milk purification.....	105	105
Окунев Г. А., Кузнецов Н. А., Канатпаев С. С. Системные принципы проектирования технологических процессов в земледелии.....	Okunev G. A., Kuznetsov N. A., Kanatpaev S. S. Systemic principles for designing technological processes in agriculture.....	112	112
Окунев Г. А., Кузнецов Н. А., Канатпаев С. С. Формирование последовательных циклов полевых работ – резерв эффективности производства.....	Okunev G. A., Kuznetsov N. A., Kanatpaev S. S. The formation of sequential cycles of field work as a reserve of production efficiency.....	118	118
Попов В. М., Панферов С. Ю., Саплин Л. А. Фазочастотный метод анализа периодических частотных зависимостей.....	Popov V. M., Panferov S. Yu., Saplin L. A. Phase-frequency analysis of periodic frequency dependencies.....	124	124
Саплин Л. А., Буторин В. А., Гусейнов Р. Т., Царев И. Б. Параметры распределения ресурса упорного подшипникового узла скважинных электронасосов.....	Saplin L. A., Butorin V. A., Guseynov R. T., Tsarev I. B. Thrust bearing assembly for borehole electric pumps and its resource allocation parameters.....	130	130
Саплин Л. А., Пыхтина Т. А., Гусева О. А. Расчет конструктивных и технологических параметров электрофильтра-озонатора для сушки пчелиной обножки.....	Saplin L. A., Pykhtina T. A., Guseva O. A. Calculating the design and technological parameters of the electrofilter-ozonizer for drying pollen load.....	135	135
Старцев А. В., Гузенко А. С., Васильев М. А., Ванин В. Н. Применение водной инъекции для повышения мощности двигателя трактора.....	Startsev A. V., Guzenko A. S., Vasiliev M. A., Vanin V. N. Water injection used to increase tractor engine power.....	143	143

**Тарасьянц С. А., Царевский Я. А.,
Ширяев В. Н., Пестрикова Е. П.,
Ширяева Н. О.**
Технологический процесс производства
работ по очистке мелководных водоемов
универсальной гидравлической установкой...149

**Чарыков В. И., Евдокимов А. А.,
Новикова В. А., Саплин Л. А.**
Квинтэссенция работы концентратора
магнитного поля в установке УМС-4М.....155

**Tarasyants S. A., Tsarevsky Y. A.,
Shiryayev V. N., Pestrikova E. P.,
Shiryaeva N. O.**
The technological process of cleaning
shallow water reservoirs with a universal
hydraulic unit.....149

**Charykov V. I., Evdokimov A. A.,
Novikova V. A., Saplin L. A.**
The magnetic field concentrator
and the quintessence of its operation
in UMS-4M installation.....155

ВЕТЕРИНАРНЫЕ НАУКИ

**Мерзлякова О. Г., Калмыкова Г. В.,
Акулова Н. И., Рогачев В. А.,
Чегодаев В. Г., Шелепов В. Г.**
Пробиотики на основе штаммов
рода *Bacillus* в кормлении перепелов.....159

Рыбьянова Ж. С., Дерхо М. А.
Лейкоциты и их морфологические
особенности в организме телят
в условиях техногенной провинции.....167

**Merzlyakova O. G., Kalmykova G. V.,
Akulova N. I., Rogachev V. A.,
Chegodaev V. G., Shelepov V. G.**
Probiotics based on *Bacillus* strains
for feeding quail.....159

Rybyanova Zh. S., Derkho M. A.
White blood cells and their morphological
features in calves raised in a technogenic
province.....167

VETERINARY SCIENCES

ХРАНЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

**Вековцев А. А., Лобач Е. Ю.,
Позняковский В. М.**
Эффективность биологически активного
комплекса в профилактике и комплексном
лечении обструктивной болезни легких.....172

**Вековцев А. А., Шамова М. М.,
Позняковский В. М.**
Использование биологически активного
комплекса в качестве монокорректора
остеогенеза при переломах длинных
трубчатых костей.....179

Рубан Н. Ю., Резниченко И. Ю.
Linum usitatissimum в инновационных
технологиях геродиетических продуктов...186

STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCE

**Vekovtsev A. A., Lobach E. Yu.,
Poznyakovsky V. M.**
The effectiveness of a biologically active
complex in the prevention and comprehensive
treatment of obstructive pulmonary disease...172

**Vekovtsev A. A., Shamova M. M.,
Poznyakovsky V. M.**
The use of a biologically active complex
as a monocorrector for osteogenesis
in fractures of long tubular bones.....179

Ruban N. Yu., Reznichenko I. Yu.
Linum usitatissimum in innovative
technologies of herodietic products.....186

УДК 338.432:633.1(470.55)

**ФАКТОРЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРНА
В ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ ЮЖНОГО ЗАУРАЛЬЯ**

Е. В. Абилова, В. Н. Ломов

Производство зерна есть и остается ведущей отраслью в сельскохозяйственном производстве Южного Урала. В статье дан анализ развития производства зерна в крестьянских (фермерских) хозяйствах Челябинской области. Рассмотрены критерии эффективности производства, используя систему натуральных показателей, авторы исследуют динамику эффективности производства зерна в крестьянских (фермерских) хозяйствах региона за 2002–2017 гг. Представлены особенности функционирования крестьянских (фермерских) хозяйств в период современных аграрных реформ. Выявлены факторы, сдерживающие развитие крестьянских (фермерских) хозяйств и предложены меры по устранению их негативного воздействия.

Ключевые слова: зерновые культуры, крестьянские (фермерские) хозяйства, урожайность, факторы эффективности.

Зерновая отрасль была и остается ведущей в сельскохозяйственном производстве большинства стран мира. Развитие этой отрасли в значительной степени отражает состояние научно-технического прогресса и идет параллельно с развитием всего народного хозяйства страны. Уровень производства зерна в расчете на душу населения и средняя урожайность зерновых культур по стране характеризует благосостояние общества и прочность государства. Высокая доля хлеба и хлебных изделий в пищевом рационе населения, хорошая транспортабельность зерна, пригодность его к длительному хранению создают возможность формирования страховых и резервных фондов. Это

придает зерну и продуктам его переработки приоритетное значение в продовольственном самообеспечении страны [1].

Первостепенное значение в обеспечении населения и продовольственной безопасности страны имеет насыщение отечественного зернового рынка за счет собственного производства. Для этого, в частности в Челябинской области, имеются необходимые предпосылки. По данным территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Челябинской области, общая площадь сельскохозяйственных угодий в 2017 г. составила 4747 тыс. га, в том числе посевные площади 1895,2 тыс. га. Среднее значение доли посевов зерновых и зернобобовых

культур во всей посевной площади области за последние 10 лет составляет 70%. Челябинская область относится к числу самообеспеченных продовольственным зерном регионов.

В условиях импортозамещения сельское хозяйство как никогда нуждается в государственной поддержке. Организация благоприятного климата для сельскохозяйственных производителей является не временной нормой, связанной с введением санкций, а четкой стратегией политики государства [2]. Цель государственной поддержки АПК – повышение конкурентоспособности российской сельскохозяйственной продукции на внутреннем и внешнем рынках. В обстоятельствах импортозамещения возрастает спрос на продукцию данной отрасли, отвечающей высоким требованиям качества, аналоги которой попали под эмбарго, однако для реализации стратегии требуется своевременная помощь государства.

Одним из важнейших направлений государственной политики в сфере сельского хозяйства становится развитие среднего и малого агробизнеса. Крестьянские (фермерские) хозяйства способны быстро реагировать на изменения спроса, изменять ассортимент продукции и перепрофилировать свое производство в условиях кризиса.

Несмотря на незначительную долю в отраслевой структуре, сельское хозяйство в лице крестьянских (фермерских) хозяйств является не только мощным фундаментом продовольственной безопасности региона, позволяющим решать актуальную в настоящее время проблему импортозамещения, но и обеспечить существенное повышение уровня жизни в не самом благополучном сельском кластере.

Значение фермерства состоит в том, что оно ускоряет в сельском хозяйстве процесс формирования, многообразия форм собственности, форм хозяйствования и управления, что создает условия для реальной конкуренции между производителями продукции. Это является одним из важнейших условий развития рыночных отношений.

Цель работы – научное обоснование направлений повышения эффективности производства зерна в хозяйствах Южного Зауралья.

Методы исследований

Основные методы исследований, использованные в работе: анализ публикаций по ис-

следуемым аспектам повышения эффективности зернового производства, сравнительный анализ натуральных величин, характеризующих эффективность производства зерна в К(Ф)Х. Все отмеченные показатели рассмотрены в динамике.

Источники информации – статистические данные функционирования аграрного сектора Челябинской области.

Результаты исследований

За последние десятилетия структурные сдвиги в аграрном секторе привели к преобладанию доли зерна в общей стоимости товарной продукции сельскохозяйственных предприятий различных форм собственности. Во многих из них производство сведено к монокультуре зерновых, в первую очередь яровой пшеницы. Следствием ненадлежащей культуры земледелия, наряду с низкой эффективностью производства растениеводческой продукции (особенно зерна), являются беспрецедентные истощение почв, их водная и ветровая эрозия, а также неблагоприятные экологические факторы.

Реализация Государственной программы вывела Челябинскую область на второе место по производству мяса (птица, свинина). Несмотря на возросшую потребность животноводства в зерне, достигнутый уровень продуктивности зерновых культур является недостаточным. Можно констатировать, что под влиянием экстремальной экономической ситуации 1990-х гг. в Челябинской области сформировалась экстенсивная система земледелия, направленная на предельную экономию материально-технических ресурсов [5, 6]. Вместе с тем практика ряда сельскохозяйственных организаций, ведущих производство зерна на более интенсивном уровне, чем большинство предприятий, доказывает, что по крайней мере двукратный рост урожайности сельскохозяйственных культур возможен. Следовательно, перспективы отрасли связаны с преодолением отмеченных выше тенденций на основе ускоренного создания рыночной инфраструктуры и совершенствования технологии возделывания. По мнению ряда авторов [3, 4], главным проводником преобразований в российском сельском хозяйстве должны стать крупные горизонтальные формирования – агрохолдинги. Надо отметить, что эффективность агрохолдингов нельзя рассматривать в отрыве от тех-



нологической стороны их деятельности. В некоторых отраслях их доминирование на рынке действительно может быть продиктовано технологическими требованиями, например, в промышленном птицеводстве, но в растениеводстве и в зерновой отрасли в частности Технологически обоснованных требований укрупнять размер предприятия с 5–7 тыс. га до 50–100 тыс. га не существует. Можно отметить, что создание крупных плохих управляемых зерновых хозяйств было отвергнуто в США еще в 1860–1880 гг.

Проведенные исследования показали, что минимальный размер фермерского участка, позволяющий осуществлять простое воспроизводство, должен составлять не менее 100 га земли [4]. Мировой опыт также говорит о том, что с укрупнением фермерских хозяйств улучшаются все экономические показатели. С ростом размера пашни и стоимости средств производства увеличивается выход товарной продукции с гектара, возрастает прибыль в расчете на одно фермерское хозяйство.

Основными производителями зерна в Челябинской области являются сельскохозяйственные организации. Их доля в производстве в среднем за последние 5 лет 54,2%. В условиях становления многоукладной экономики и рыночных отношений наряду с традиционными формами хозяйствования активно формируется сектор самостоятельных крестьянских (фермерских) хозяйств [9]. По данным Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года, в сельском хозяйстве области функционирует 4237 единиц К(Ф)Х. Крестьянские (фермерские) хозяйства в настоящее время прочно занимают свою нишу в сельском хозяйстве области как в растениеводстве, так и в животноводстве. Данные государственной статистики за 2017 год наглядно свидетельствуют о вкладе крестьянских (фермерских) хозяйств в общий объем производства основных видов сельскохозяйственной продукции в регионе. Статистика показывает, что фермеры области имеют стабильные результаты производственно-хозяйственной деятельности. Причем по большинству показателей, учитываемых Росстатом, наблюдается положительная динамика, что свидетельствует об относительно устойчивом развитии фермерского сектора Челябинской области в условиях современных изменений в экономике страны и региона [5].

Так, большинство фермерских хозяйств специализируется на собственном для Челябинской области зерновом производстве. Причем состояние зерновой отрасли таково, что имеют место существенные резервы увеличения производства зерна, что связано, во-первых, с возможностями дальнейшего расширения посевных площадей (в последние годы активно проводится политика возвращения неиспользуемых земель в сельскохозяйственный оборот), во-вторых, с повышением урожайности зерновых культур за счет улучшения качества семян, совершенствования технологий возделывания культур, оптимизации материально-технического обеспечения отрасли, в-третьих, с государственной поддержкой отрасли на всех уровнях (федеральном и региональном), что в определенной мере решает такую существенную проблему, как недостаток финансовых ресурсов, улучшая тем самым обеспеченность хозяйств техникой, необходимым количеством удобрений, семенами высокого качества.

Однако следует отметить, что в регионе существует профицит зерна, вследствие чего у всех аграриев, а особенно у мелких хозяйств, возникают сложности с его сбытом. Для решения этой проблемы необходимо: 1) обеспечить условия для успешного развития животноводства и увеличить производство фуражного зерна; 2) создать базу для первичной переработки зерна; 3) определить новые рынки сбыта продукции. Ситуация же такова, что в Челябинской области разрушительные процессы реформ на производственном потенциале животноводства отразились особенно неблагоприятно. Многократное снижение поголовья скота в аграрных хозяйствах всех организационных форм (в том числе в фермерских хозяйствах) повлекло за собой ликвидацию ферм, разрушение животноводческих помещений, отступление от сложившихся систем ведения хозяйства и необходимых пропорций между животноводством и растениеводством. В такой ситуации развитие животноводства в области является необходимой предпосылкой успешной реализации продукции растениеводства, гармоничного развития сельскохозяйственной отрасли производства в целом. Если же проанализировать распределение фермерских хозяйств в разрезе специализации на мировой арене, то картина сложится следующая [6] (табл. 1).

В условиях сложившейся структуры аграрной отрасли положительная динамика производства зерна для аграриев, безусловно, важна, однако из-за недостатка и технологической отсталости мощностей по первичной обработке, сушке, хранению, глубокой переработке зерна перед ними стоят новые проблемы, причем не всегда решаемые. В результате высокие урожаи в благоприятные для растениеводства годы оборачиваются не получением значительных доходов, а существенными убытками. Что касается проблемы реализации зерна сегодня, то следует отметить, что несмотря на выгодное экономико-географическое положение по отношению к дру-

гим субъектам Российской Федерации и наличие внешних государственных границ (приграничное положение с Республикой Казахстан – практически самым стабильным регионом постсоветского пространства), возможности продажи зерна в другие регионы (и тем более страны) существенно ограничены. Это объясняется тем, что, во-первых, многие соседние регионы характеризуются высоким самообеспечением как зерном, так и производимыми из него продуктами питания; во-вторых, экспорт зерна в другие страны (в силу удаленности от восточных и западных границ) обуславливает существенные затраты на транспортировку и логистику.

Таблица 1 – Распределение фермерских хозяйств в разрезе специализации, 2015 г., ед.

Страны Европейского союза (28 стран)	Всего	Полевые культуры	Садоводство	Фрукты, виноград, оливы	Пастбищные животные	Зерноядные животные	Смешанное растениеводство	Смешанное животноводство	Смешанное растениеводство и животноводство	С неопределяемой специализацией
Бельгия	37760	9480	2330	910	16340	2880	730	1130	3950	10
Болгария	254410	54430	9370	23670	67610	9750	12510	25280	51050	740
Чехия	26250	8060		2990	8850	410	280	900	4350	60
Дания	38830	16540	450	2060	10850	2900	810	250	3960	1010
Германия	285030	80050	7110	21120	118810	17640	3510	7700	28580	530
Эстония	19190	6140	570	330	4480	490	450	300	1900	4510
Ирландия	139600	13160	180	70	122580	610	70	240	2670	20
Греция	709500	138120	13690	399810	67130	4280	34090	5160	41070	6140
Испания	965000	216110	37990	461330	121160	21890	52120	8220	30700	15500
Франция	472210	129350	17590	84310	158710	19360	11200	8930	41780	970
Хорватия	157450	33420	2310	30130	22560	4430	19500	10160	34750	200
Италия	1010330	315350	26520	427310	107340	7550	85700	3900	27900	8770
Кипр	35380	2310	1230	24230	1830	600	2630	200	2180	160
Латвия	81800	35850	660	2000	18960	2040	1690	2570	12260	5780
Литва	171800	61390	4160	1250	37170	2070	15770	13670	34300	2010
Люксембург	2080	170	10	330	1360		10	40	130	
Венгрия	491330	124050	9270	71940	23370	140720	14230	13600	74100	20060
Мальта	9360		1480	560	1070	710	630	140	350	1120
Нидерланды	67480	12150	8940	1680	36100	5180	890	730	1710	120
Австрия	140430	36570	1300	11000	72130	5950	2450	2790	8150	70
Польша	1429010	702940	26880	63860	162110	35750	49090	80680	277700	30000
Португалия	264420	26690	9520	98680	42450	4420	27550	11560	40860	2700
Румыния	3629660	1041840	21500	154040	438920	722200	176080	271210	747600	56270
Словения	72380	14980	450	7240	28540	560	6020	4180	10390	10
Словакия	23570	8930	130	460	6770	800	190	1260	4700	320
Финляндия	54400	32480	2060	380	15830	1400	610	80	1570	
Швеция	67150	28000	1170	200	31530	990	420	220	2430	2200
Великобритания	185190	51220	1970	1700	110380	5430	820	2670	8710	2300



Останавливаясь на проблемах развития фермерства, специализирующегося на производстве продукции животноводства, подчеркнем, что и эта отрасль также обременена проблемами реализации, как и растениеводческая область. Помимо низкой эффективности производства мяса и молока, существенного физического и морального износа основных фондов, ограниченных финансовых возможностей для модернизации ферм в современные высокотехнологичные предприятия, животноводческие фермы (в том числе семейные) сталкиваются с высокими затратами на стадии реализации продукции организациям по убою и первичной переработке скота, закупщикам молока, торговым сетям. В то же время для эффективного функционирования мясного и молочного животноводства в Зауралье (помимо роста поголовья скота, повышения его продуктивности) необходимо также совершенствовать используемую производственную и логистическую инфраструктуру [9], развивать мощности важнейшей смежной отрасли – переработки животноводческой продукции. В настоящее время, как и в первые годы становления фермерства, проблемы движения продукции на стадии «послефермерского» производства остаются значимым препятствием успешной деятельности фермерских хозяйств.

Следует также отметить, что не только экономические факторы, но и причины социального характера замедляют развитие фермерства в России и ее регионах. По сути, неформальные институты, складывающиеся веками, вступают в противоречие с институтами формальными, противодействуя активному становлению и развитию фермерских хозяйств. Например, отличающиеся особыми традициями коллективизма сельские сообщества (в основе жизни и деятельности которых как вековые, так и но-

вые традиции, выработанные привычки и устоявшиеся социальные связи) не были готовы к сотрудничеству в новой социальной среде, формирующейся одновременно с кардинальными изменениями в отношениях собственности, формах организации производства, других формальных институтах [10].

В результате как новые социальные связи и отношения, так и сети, составляющие важную часть социального капитала и являющиеся существенной предпосылкой эффективного функционирования хозяйств, создаются медленно и противоречиво, препятствуя динамичному обновлению производства. К примеру, во время проведенных в ходе исследования интервью (и на ранних этапах создания фермерских хозяйств, и на современном этапе их развития) большинство глав фермерских хозяйств отметили, что потеря привычных связей с коллегами по коллективному производству и односельчанами является не менее значимым фактором по сравнению с материальным, в значительной мере осложняющим фермерскую деятельность [4, 5].

Степень развития крестьянских (фермерских) хозяйств влияет на насыщение рынка товарами, расширение конкуренции, рост занятости, социальное развитие села, а главное – способствует повышению экономики агропромышленного производства. Следует подчеркнуть, что фермерские хозяйства должны развиваться не вместо сельскохозяйственных предприятий, а наряду с ними, тем самым доказывая свое право на существование данной формы хозяйствования. За 15 лет в Челябинской области постепенно формируются многообразные формы собственности и хозяйствования. В сравнении с 2002 годом необходимо отметить увеличение доли крестьянских (фермерских) хозяйств в структуре произведенной продукции (табл. 2).

Таблица 2 – Доля произведенной продукции в крестьянских (фермерских) хозяйствах Челябинской области

Вид продукции	2002 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Зерновые культуры	16,2	30,7	33,6	39,3	41,7	46,9
Картофель	1,5	3,1	4,0	4,9	5,3	7,6
Овощи открытого грунта	0,8	1,7	2,8	2,8	5,9	8,3
Мясо всего (в убойном весе)	1,4	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5
Молоко	2,3	3,2	3,4	3,9	4,1	4,8
Яйца	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Это происходит преимущественно за счет укрупнения крестьянских (фермерских) хозяйств, повышения их оснащенности, совершенствования технологии производства сельскохозяйственной продукции, государственной поддержки.

Основным индикатором эффективности зернопроизводства, понятным как для аграриев, так и для экономистов, является урожайность сельскохозяйственных культур. Урожайность формируется под воздействием многих факто-

ров, включая погодные условия, агротехнику, экономику фермерского хозяйства, меры государственной поддержки сельских товаропроизводителей и рынков сельхозпродукции. Отслеживая динамику урожайности зерновых и зернобобовых культур, в том числе пшеницы, можно сделать выводы об устойчивости зернопроизводства в разные периоды времени в К(Ф)Х (рис. 1).

Анализ производства сельскохозяйственных культур в крестьянских (фермерских) хозяйствах показал, что урожайность зерновых



Рис. 1. Урожайность зерновых и зернобобовых культур и яровой пшеницы в крестьянских (фермерских) хозяйствах Челябинской области (за 2002–2017 гг.)

Таблица 3 – Производство и реализация основных видов продукции растениеводства в крестьянских (фермерских) хозяйствах Челябинской области

Продукция	Год					
	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Зерновые, тыс. т						
Производство	169,	317,0	383,1	667,6	813,0	869,3
Закупки	116,7	118,6	153,2	279,1	311,4	402,1
% товарности	68,7	37,4	40,0	41,8	38,3	37,3
Картофель, тыс. т						
Производство	21,4	21,9	31,7	37,6	38,2	38,9
Закупки	8,1	5,8	12,2	13,0	13,9	14,2
% товарности	37,9	26,7	38,5	34,6	36,4	36,2
Овощи, тыс. т						
Производство	2,0	4,5	7,3	6,4	13,8	14,4
Закупки	0,6	0,7	3,3	2,3	5,3	5,8
% товарности	30,0	14,7	45,2	35,9	38,5	38,7



и зернобобовых культур в последние годы имеет чрезвычайно широкую амплитуду варьирования в одних и тех же природно-климатических условиях. Отслеживая динамику урожайности зерновых и зернобобовых культур в К(Ф)Х, можно сделать вывод об устойчивой тенденции повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

Повышение урожайности в свою очередь приводит к повышению объемов производства и реализации продукции, повышению товарности в К(Ф)Х (табл. 3).

Повышение товарности производства в К(Ф)Х увеличивает их доходы. В то же время фермеры главные препятствия в развитии фермерства видят в низком уровне закупочных цен на продукцию сельского хозяйства и высокие цены на средства производства, высоких процентных ставках, низкой механизации ручного труда. Проведенные исследования показывают, что основной проблемой фермерских хозяйств остается сбыт производимой продукции. Единично крестьянские (фермерские) хозяйства не в состоянии решить эту проблему, поэтому изначально не настроены на расширение производства и выпуск дополнительного объема продукции. С этой точки зрения целесообразно предложить создание производственно-обслуживающего кооператива, который бы осуществлял некоторые важные обслуживающие функции, а именно: снабжение горюче-смазочными материалами, ремонт техники, представление техники в те хозяйства, где в данный момент имеется их нехватка, организация и поиск каналов сбыта выпускаемой продукции, доставка ее потребителю. Основной целью такого кооператива становится оказание всесторонней помощи К(Ф)Х.

Не менее сложной проблемой было и остается общее обустройство фермерского хозяйства, к примеру, на Западе данный процесс осуществлялся постепенно, из поколения в поколение, однако в России требовалось решить этот вопрос не только в короткий срок, но и с существенными затратами.

Выводы

Таким образом, сложившиеся объективные экономические и социальные условия на селе, поддержка государственными органами крестьянских (фермерских) хозяйств дают основания полагать, что фермерство может стать одним

из главных факторов, способствующих решению сложившихся проблем на селе и достижению продовольственной безопасности региона.

Список литературы

1. Ушачев И. Г. Продовольственная безопасность страны: проблемы и решения // АПК: экономика, управление. 2010. № 10. С. 5–9.
2. Кушниренко Ю. Д. Интенсификация производства зерна: реалии и перспективы // Производство зерна и кормов: агротехнические, экономические и экологические аспекты : сб. науч. тр. Миасс : Геотур, 1999. С. 25–52.
3. Смирнова Л. Н., Абилова Е. В. О конкурентных стратегиях развития аграрных кооперативов // Научно-техническое обеспечение агропромышленного комплекса в реализации Государственной программы развития сельского хозяйства до 2020 года : сб. ст. по матер. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию Курганской ГСХА им. Т. С. Мальцева / под общ. ред. С. Ф. Сухановой. 2019. С. 128–132.
4. Брагин В. Н., Юмашев Х. С. Агроэкологическое состояние зональных почв области и пути повышения ее плодородия // Совершенствование системы земледелия на Среднем и Южном Урале : сб. науч. тр. Челябинск, 2008. С. 67–72.
5. Информация о состоянии агропромышленного комплекса и мерах по обеспечению импортозамещения в области сельского хозяйства (подготовлена Комитетом ГД по аграрным вопросам). Режим доступа : <http://mcx.ru/documents/document/show/33347.htm>.
6. Eurostat. Farm structure survey 2013. Режим доступа : http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Farm_structure_survey_2013_-_main_results.
7. Khan M., Jo C., Tariq M. Meat flavor precursors and factors influencing flavor precursors // A systematic review. Meat Science. 2015. № 110. P. 278–284.
8. Altukhov V. V. Food security and import substitution are the main strategic objectives of modern agricultural policy // Regional economy. 2015. P. 256–266.
9. Ломов В. Н., Абилова Е. В. Резервы роста молочного животноводства в Челябинской области // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Повышение эффективности сельскохозяйственного производства в степной зоне Урала». Оренбург, 2012. С. 322–326.

10. Мошкина С., Феофалова Ю., Абрамова М. Пути повышения эффективности молочного скотоводства // Главный зоотехник. 2012. № 9. С. 27–29.

Абилова Екатерина Викторовна, канд. экон. наук, доцент кафедры менеджмента факультета управления, ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет».

E-mail: ekaterina.abilova@mail.ru.

Ломов Виктор Николаевич, д-р с.-х. наук, ученый секретарь, ГНУ «Челябинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства».

E-mail: chniisx2@mail.ru.

* * *

УДК 631.51:631.58(470.55)

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МИНИМАЛЬНОЙ И НУЛЕВОЙ ТЕХНОЛОГИЙ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ ЮЖНОГО ЗАУРАЛЬЯ

А. А. Агеев, Ю. Б. Анисимов, Е. Л. Калюжина

Статья посвящена изучению систем основной обработки почвы в полевых севооборотах с различным насыщением зерновыми культурами в условиях северной лесостепи Южного Зауралья. Представлены результаты исследований лаборатории агроландшафтного земледелия ФГБНУ «Челябинский НИИСХ» в 2013–2018 гг. на базе стационарного полевого опыта, заложенного в 1976 г. Выявлено, что наиболее продуктивным оказался полевой зернопаровой севооборот, где эффективной по уровню рентабельности оказалась минимальная система обработки почвы. Показатель составил 2,25 т зерновых единиц с 1 га пашни и 189%, что обусловлено более низкими производственными затратами на 1 га посева.

Ключевые слова: зерновые культуры, система обработки почвы, полевой севооборот, влажность почвы, плотность почвы, биологическая активность почвы, засоренность посевов, растительные остатки, урожайность, продуктивность севооборота, рентабельность.

Достижением последних лет стало освоение ресурсосберегающих технологий, основная цель которых – не высокие, а устойчивые и более рентабельные уровни продуктивности сельскохозяйственных культур. Многообразием природно-климатических условий Уральского региона обусловлен выбор оптимальной системы обработки почвы.

Опыт мирового и отечественного земледелия свидетельствует о разнообразных аспектах и возможностях применения ресурсосберегающих технологий обработки почвы [1]. К наиболее перспективным приемам относятся минимальная и нулевая обработки почвы. Научной основой для перехода к ресурсосберегающим

технологиям служит установленная закономерность: минимизация почвообработки в севообороте не ухудшает по сравнению со вспашкой большинство параметров почвенного плодородия [2].

Ресурсосберегающие технологии имеют сложность переходного периода, так как необходима их адаптация к различным почвенно-климатическим условиям. Академик В.И. Кирюшин указывает, что в числе узловых проблем экологизации земледелия значительный приоритет имеет развитие минимизации обработки почвы и прямого посева [3].

По данным Министерства сельского хозяйства Челябинской области, площадь пашни

в обработке составляет 2222 тыс. га, из них по ресурсосберегающим системам обработки почвы около 658 тыс. га, или 30%. В том числе комбинированная 24,5%, минимальная обработка почвы проводится на 18,8%, нулевая на 5,4% посевной площади (рис. 1).

Установленная длительными исследованиями ФГБНУ «Челябинский НИИСХ взаимосвязь между системами обработки почвы и зональными особенностями природных условий Южного Зауралья составляет основу ее рационального применения в полевых севооборотах [4]. Система обработки почвы была дифференцирована к основным почвенно-климатическим зонам региона (табл. 1).

В северной лесостепи Южного Зауралья лучшие результаты обеспечивала отвальная

и комбинированная системы обработки почвы, которые позволяли более эффективно бороться с сорной растительностью. В южной лесостепи системы обработки почвы были практически равнозначными. В степной засушливой зоне беспорное преимущество оставалось за минимальной обработкой почвы в сочетании с зернопаровыми севооборотами короткой ротации. Здесь при возделывании яровой пшеницы по ресурсосберегающей технологии можно устойчиво получать урожайность яровых зерновых культур в пределах 1,6–1,8 тонны с 1 га посева. Крупный сельхозпроизводитель «Совхоз Брединский» Брединского района достиг в 2016–2017 гг. урожайности зерна 1,66–2,04 т/га. Более высокий результат получен в сельхозпредприятии «Подовинное» с уровнем урожайности зер-

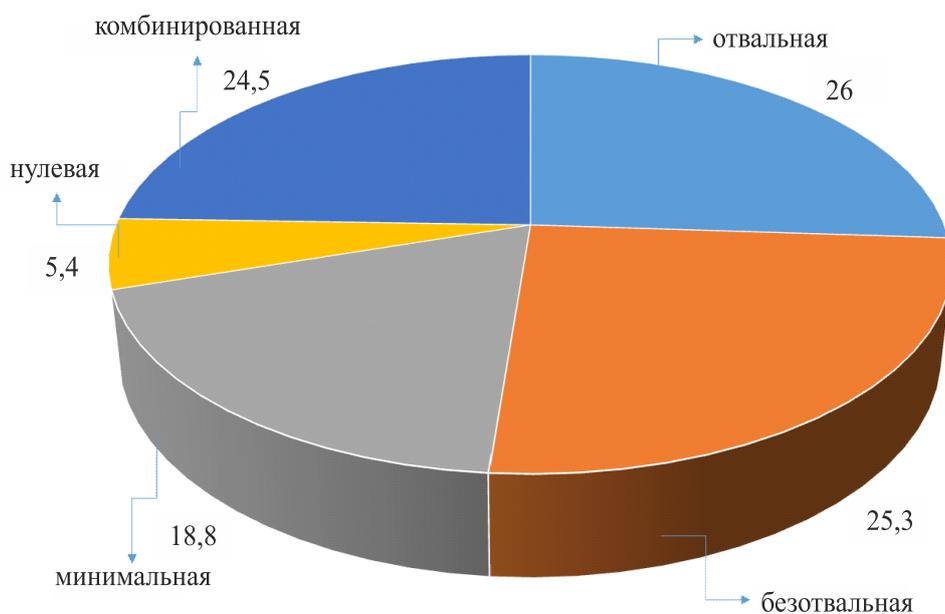


Рис. 1. Структура видов обработки почвы в АПК Челябинской области в процентах к посевной площади, 2018 г.

Таблица 1 – Урожайность зерновых культур в зависимости от систем обработки почвы в типичном зернопаровом севообороте Южного Зауралья, т/га (1990–2011 гг.)

Система обработки почвы	Природно-климатическая зона		
	северная лесостепная	южная лесостепная	степная
отвальная	3,23	2,47	1,20
комбинированная	3,19	2,49	1,30
плоскорезная	2,93	2,48	1,42
минимальная	2,86	2,40	1,48
осадки за год, мм	400–450	350–380	300–330



новых культур 2,73–2,85 т/га при среднем показателе по Октябрьскому району 1,54–1,95 т/га. Урожайность зерновых культур за период 2012–2018 гг. в хозяйствах южной лесостепной зоны ФГУП «Троицкое» Челябинского НИИСХ и ООО «СиЛаЧ» Троицкого района получена на 48–75% выше среднего показателя по району и области [5]. Результат достигнут за счет освоения ресурсосберегающей высокоэффективной технологии производства зерна с минимально-отвальной и минимально-нулевой системами обработки почвы.

Повышение показателей растениеводства в Челябинской области определено на базе новых агротехнологий возделывания зерновых культур путем освоения ресурсосберегающих систем обработки почвы в основных зерносеющих районах. В связи с этим необходимо научное обоснование дальнейшей минимизации обработки почвы и применения прямого посева в ресурсосберегающих технологиях возделывания зерновых культур для условий Южного Зауралья.

Цель исследований: изучить системы обработки почвы в ресурсосберегающих технологиях производства зерна с соблюдением почвозащитных требований и рационального использования биоклиматических ресурсов северной лесостепной зоны Южного Зауралья.

Объекты и методика исследований

Исследования проводятся с 2012 г. на базе стационарного полевого опыта, заложенного в 1976 году чл.-корр. РАН А.В. Вражновым на опытном поле ФГБНУ «Челябинский НИИСХ». Изучаются системы обработки почвы: 1. отвальная (контроль) со вспашкой; 2. комбинированная, с сочетанием безотвальной обработки со вспашкой раз за ротацию севооборота; 3. минимальная (плоскорезная); 4. нулевая (без обработки) по классификации В.И. Кирюшина и А.Л. Иванова [6]. В схему опыта включены полевые севообороты: 1. зернопаровой с чередованием пар-пшеница-горох-ячмень; 2. зерновой с чередованием рапс-пшеница-горох-пшеница; 3. зернопаровой с чередованием пар-озимая рожь-горох-пшеница-однолетние травы-ячмень.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный маломощный среднесуглинистый с содержанием гумуса 6,6–7,3%. Системой удобрений предусмотрено внесение N_{20-30} кг д.в. и P_{20-35} кг д.в. на 1 га пашни в зависимости от

технологии возделывания культуры и размещения в севообороте. На варианте нулевой системы обработки почвы дополнительно вносится N_{15} кг д.в. на 1 га.

Климат зоны проведения опытов умеренно-увлажненный и характеризуется континентальностью. Сумма активных температур равна 2205 °С. За вегетационный период (май–сентябрь) выпадает 294 мм, ГТК составляет 1,3. В 2013–2018 годы проведения исследований погодные условия были разнообразными, с ГТК от 1,14 до 1,5. В исследованиях использовали общепринятые методики по определению водно-физических и агрохимических показателей почвы, засоренности посевов и учета урожая культур [7, 8, 9, 10].

Результаты исследований

На выщелоченных малогумусных черноземах северной лесостепи Южного Зауралья при ограниченном количестве осадков лучшие условия для получения высоких урожаев складываются при более интенсивных обработках почвы. Влагозапасы в весенний период характеризуются более контрастными по способам обработки почвы, чем по предшественникам, а почвенная влага в период вегетации растений более рационально расходуется на мелких плоскорезных и нулевых вариантах [11].

За период наблюдений (2013–2018 гг.) весеннее содержание продуктивной влаги в метровом слое почвы под культурами полевого севооборота характеризуется как удовлетворительное при максимальном показателе на варианте нулевой системы обработки почвы, с оставлением мульчи соломенной резки (табл. 2).

Анализ плотности сложения почвы в 4-польном зернопаровом севообороте в период, когда она приобрела равновесное состояние, показал, что она находилась в оптимальном диапазоне для роста и развития зерновых культур по всем системам обработки почвы и составила для слоя 0–30 см в среднем 1,13–1,15 г/см³. Это свидетельствует о высокой устойчивости черноземных почв к уплотнению, что согласуется с данными ученых Западной Сибири [12].

В результате перехода на нулевые способы обработки почвы снижается интенсивность минерализации органического вещества почвы, при этом образуется дефицит нитратного азота, который приводит к снижению урожайности культур. Построение севооборота по принципу

плодосмена позволяет регулировать азотный режим питания растений и на этом фоне повысить эффективность ресурсосберегающих систем обработки почвы при условии применения компенсирующих доз азотных удобрений. Аналогичные данные приводятся в работах ученых Зауралья, проводивших ряд исследований под пшеницу в течение 2008–2013 гг. [11].

Обработка почвы, изменяя условия жизни почвенных микроорганизмов, оказывает существенное влияние на их активность, состав и тем самым непосредственно воздействует на пищевой режим в почве [13]. В посеве пшеницы по пару методом льяных полотен установлено, что снижение интенсивности обработки от вспашки до нулевой уменьшало показатель микробиологической активности почвы с 42,9 до 36,7%.

В условиях Уральского региона, по мнению ученых, уровень поступления растительных остатков свыше 5 т/га считается оптимальным для поддержания стабильного состояния плодородия почвы и для его повышения [14]. Расчеты поступления растительных остатков в виде соломы показывают, что в полевых севооборотах остается в среднем по различным системам обработки почвы в пределах 3,0–4,0 т/га, при наибольшем показателе при применении отвальной и комбинированной систем обработки почвы (табл. 3).

Сдерживающим и регулирующим фактором управления засоренностью посевов при минимизации обработки почвы является применение баковой смеси высокоэффективных гербицидов, в том числе внесение глифосата в допосевной период. Опрыскивание посевов

Таблица 2 – Показатели плодородия чернозема выщелоченного в зависимости от систем обработки почвы, 2013–2018 гг.

Система обработки почвы	Показатель			
	продуктивная влага в слое почвы 0–100 см, мм	плотность сложения почвы в слое 0–30 см, г/см ³	нитратный азот в слое почвы 0–40 см, мг/кг	биологическая активность почвы, %
отвальная	125	1,14	13,0	42,9
комбинированная	128	1,13	11,5	42,5
минимальная	122	1,14	11,2	37,9
нулевая	130	1,15	10,2	36,7

Таблица 3 – Поступление растительных остатков в полевых севооборотах в зависимости от систем обработки почвы, т/га, 2013–2018 гг.

Севооборот	Система обработки почвы				Среднее
	отвальная	комбинированная	минимальная	нулевая	
1. Зернопаровой	3,47	3,03	2,89	2,70	3,02
2. Зерновой	4,62	4,57	4,04	3,98	4,30
3. Зернопаровой	2,94	3,09	2,95	2,88	2,96
Среднее	3,68	3,56	3,29	3,18	

Таблица 4 – Удельная масса сорняков полевых агроценозов в зависимости от систем обработки почвы, % перед уборкой, 2013–2018 гг.

Севооборот	Система обработки почвы				Среднее
	отвальная	комбинированная	минимальная	нулевая	
1. Зернопаровой	3,4	3,6	6,1	5,1	3,9
2. Зерновой	6,2	8,7	10,6	9,2	8,7
3. Зернопаровой	3,2	5,4	5,9	6,3	5,2
Среднее	4,2	5,9	7,5	6,8	



баковой смесью гербицидов по вегетации яровой пшеницы, ячменя, гороха и рапса способствовало снижению вредоносности сорняков. Показатель засоренности посевов по удельной массе сорняков в общей массе агроценоза

в полевых севооборотах с чистым паром и насыщением зерновыми культурами до 75% значительно ниже порога вредоносности (10%) по всем системам обработки почвы в сравнении с зерновым севооборотом (табл. 4).

Таблица 5 – Эффективность систем обработки почвы в полевых севооборотах Южного Зауралья, 2013–2018 гг.

Севооборот	Система обработки почвы	Показатель		
		выход з. ед. с 1 га пашни, т	рентабельность, %	КЭЭ*
1. Зернопаровой: пар 25% зерновые 75%	отвальная	2,48	179	3,7
	комбинированная	2,43	173	3,8
	минимальная	2,25	189	3,4
	нулевая	2,23	158	3,7
НСР ₀₅		0,27	–	–
2. Зерновой: зерновые 100%	отвальная	2,51	188	2,8
	комбинированная	2,45	178	2,8
	минимальная	2,23	171	2,5
	нулевая	2,24	161	2,6
НСР ₀₅		0,24	–	–
3. Зернопаровой: пар 16%, кормовые 17%, зерновые 67%	отвальная	2,54	164	3,4
	комбинированная	2,47	165	3,3
	минимальная	2,30	184	3,3
	нулевая	2,33	188	3,5
НСР ₀₅		$F_{\phi} < F_T$	–	–

*Примечание: КЭЭ – коэффициент энергетической эффективности.

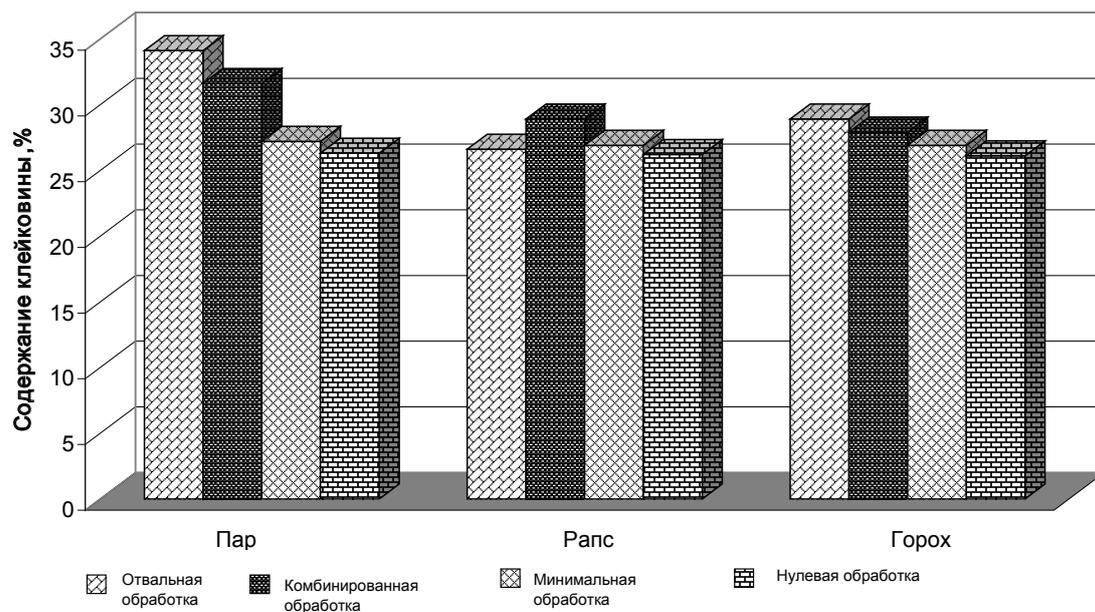


Рис. 2. Качество клейковины зерна яровой пшеницы в зависимости от системы обработки почвы и предшественников (среднемноголетнее) ФГБНУ «Челябинский НИИСХ»

Исследованиями установлено, что в сложившихся условиях зернового рынка Южного Зауралья максимальная эффективность производства зерна получена в зернопаровом севообороте короткой ротации при применении минимальной системы обработки почвы с рентабельностью 189% и коэффициентом энергетической эффективности 3, 4 (табл. 5).

Ресурсосберегающие минимальная и нулевая системы обработки почвы, применяемые в 6-польном зернопаровом севообороте с более разнообразным набором адаптивных и фитосанитарных культур, таких как озимая рожь по пару, горох по озимой ржи, пшеница по зернобобовому предшественнику, характеризуются устойчивым сбором зерна с 1 га севооборотной площади на уровне 2,3–2,33 т зерновых единиц и высокой рентабельностью 184–188%.

По данным лаборатории оценки качества, зерна сорта яровой пшеницы, адаптированные к местным агроэкологическим условиям, гарантируют получение зерна высокого качества по паровым и лучшим непаровым предшественникам [15]. Анализ за период 2013–2018 гг. показывает, что более высокое качество производимого зерна с содержанием клейковины 26,1–34,1% соответствовало отвальной и комбинированной системам обработки почвы. Минимальная и нулевая системы обработки почвы в различных полевых севооборотах обеспечивают производство качественного зерна пшеницы, соответствующего 3-му классу ГОСТа и выше за счет применения азотных и фосфорных удобрений (рис. 2).

Выводы

Таким образом, на основании полученных результатов многолетних исследований выявлена эффективность минимальной и нулевой систем обработки почвы в ресурсосберегающих технологиях возделывания зерновых культур в зернопаровых севооборотах северной лесостепи Южного Зауралья. Минимизация обработки почвы не ухудшает показатели плодородия почвы, обеспечивает продуктивность севооборотов 2,23–2,33 тонны зерновых единиц с 1 га пашни при уровне рентабельности 184–189%, что обусловлено более низкими производственными затратами на 1 га посева.

Список литературы

1. Теоретические основы эффективного применения современных ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур / И. Г. Пыхтин, А. В. Гостев, Л. Б. Никитина, В. А. Плотников // Земледелие. 2016. № 6. С. 16–19.
2. Орлова Л. В. Организационно-экономические основы и эффективность сберегающего земледелия. Самара : ООО «Элайт», 2009. 204 с.
3. Кирюшин В. И. Задачи научно-инновационного обеспечения земледелия России // Земледелие. 2018. № 3. С. 3–8.
4. Вражнов А. В. Адаптивная интенсификация систем земледелия на Южном Урале : монография. Челябинск : ЧГАУ, 2002. 272 с.
5. Рекомендации по агротехнологиям возделывания сельскохозяйственных культур в Челябинской области. Челябинск : PrintWay, 2019. 75 с.
6. Кирюшин В. И. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий : метод. рук-во / под ред. акад. РАСХН В. И. Кирюшина и А. Л. Иванова. М. : «Росинформагротех», 2005. 784 с.
7. Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследований физических свойств почв и грунтов. М. : Агропромиздат, 1986. 416 с.
8. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 5-е, доп. и перераб. М. : Агропромиздат, 1985. 351 с.
9. Милащенко Н. З. Борьба с сорняками на полях Сибири. Новосибирск : Западно-Сибирское кн. изд-во, 1978. 131 с.
10. Левин Ф. И. Количество растительных остатков в посевах полевых культур и его определение по урожаю основной продукции // Агрохимия. 1977. № 8. С. 36–42.
11. Ресурсосберегающие способы обработки почвы в адаптивно-ландшафтном земледелии Зауралья / под общ. ред. С. Д. Гилева. Куртамыш : ГУП «Куртамышская типография», 2010. 194 с.
12. Холмов В. Г., Юшкевич Л. В. Интенсификация и ресурсосбережение в земледелии лесостепи Западной Сибири : монография. Омск : Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2006. 369 с.
13. Кислов А. В. Биологизация земледелия и ресурсосберегающие технологии в адап-



тивно-ландшафтных системах степной зоны Южного Урала : монография. Оренбург : Изд. центр ОГАУ, 2012. 268 с.

14. На пути к бесплужному земледелию / под общ. ред. С. Д. Гилева. Куртамыш : ГУП «Куртамышская типография», 2015. 312 с.

15. Оптимизация систем обработки почвы при производстве зерна высокого качества / А. А. Агеев, Ю. Б. Анисимов, А. В. Вражнов, Е. Л. Калюжина // АПК России. 2017. Т. 24. № 4. С. 929–936.

Агеев Анатолий Александрович, канд. с.-х. наук, заместитель директора по научной работе, ведущий научный сотрудник лаборатории агроландшафтного земледелия, ФГБНУ «Челябинский НИИСХ».

E-mail: ageev.aa62@mail.ru.

Анисимов Юрий Борисович, канд. с.-х. наук, заведующий лабораторией агроландшафтного земледелия, ФГБНУ «Челябинский НИИСХ».

E-mail: anisimov.1964@bk.ru.

Калюжина Елена Леонидовна, научный сотрудник лаборатории агроландшафтного земледелия, ФГБНУ «Челябинский НИИСХ».

E-mail: chniish2@mail.ru.

* * *

УДК 631.582:632

СЕВООБОРОТ И ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЗАСУШЛИВОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

В. Л. Астафьев

В статье проведено обоснование целесообразности чередования различных типов культур в севообороте, представлены экологические способы борьбы с сорняками, вредителями и болезнями. Обоснована целесообразность применения покровных культур в плодосмене.

Ключевые слова: зернопаровая монокультура, механическая и нулевая обработки почвы, экологические способы защиты растений, плодосмен с применением покровных культур.

Со времени освоения целины во многих хозяйствах северного региона Казахстана применяются в основном четырех-пятипольные севообороты с чередованием зерновых культур и пара, т.е. зернопаровая монокультура. В результате перехода на почвозащитную систему обработки почвы удалось защитить пашню от ветровой эрозии, однако за последние 50–60 лет использования этой технологии наблюдается существенное снижение плодородия почвы, интенсивное развитие сорной растительности и болезней растений, выраженная неравномерность затрат труда и энергии, соответственно и увеличенная востребованность в ресурсном обеспечении производства, а главное –

существенная зависимость от климатических условий [1–4].

Методы исследования

Включают изучение применяемых и перспективных севооборотов, систем обработки и защиты растений с применением информационно-аналитического обзора, наблюдений, анализа, синтеза, проведения экспериментов и производственных испытаний в типичных зональных условиях.

О защите растений чередованием культур
Основы экологического способа защиты растений базируются на том, что у каждой куль-



туры свои сопутствующие сорняки, вредители и болезни, поэтому ежегодная смена культур на поле не позволит сорнякам, вредителям и возбудителям болезней приспособиться и прогрессировать. А если использовать свойства некоторых растений подавлять развитие сорняков и патогенов, можно управлять процессом создания благоприятных условий для культурных растений. В связи с изложенным выше основная роль устранения негативных факторов: влияния сорняков, вредителей, болезней, уплотнения, низкого содержания влаги в почве и доступного уровня растениям N, P, K, недостаточного развития почвенной биоты – отводится севообороту. Так, чередование пшеницы и рапса приводит к существенному снижению засоренности кострецом [5].

Таким образом, чередованием культур, а следовательно, чередованием вида применяемой их защиты можно осуществлять контроль численности сорняков в посевах.

Указывая на возможность и эффективность борьбы с сорняками без применения химии или механических обработок культур, Р. Андерсон и Г. Викс наряду с чередованием культур рекомендуют и другие экологические способы защиты растений [6, 7]. Экологические приемы борьбы с сорняками представлены в таблице в порядке возрастания весомости (табл. 1).

Классификация различных типов культур для составления экологических севооборотов представлена в таблице 2.

Короткоротационные севообороты не позволяют в достаточной мере контролировать сорняки. Для лучшего контроля сорняков Р. Андерсон предлагает чередовать культуры различных жизненных циклов (теплолюбивые и холодостойкие) в длинноротационных севооборотах [8]. Необходимо выдерживать соотношение культур 2Х:2Т. То есть за двумя холодостойкими культурами в севообороте идут две теплолюбивые. По данным исследований

Таблица 1 – Весомость экологических способов борьбы с сорняками

№ п/п	Экологические приемы борьбы с сорняками	Степень снижения засоренности
1	Чередование культур в пределах одного вида	5–10%
2	Чередование культур с различными сроками посева (яровые и озимые)	от 35 до 50%
3	Оставление пожнивных остатков на поверхности поля	каждая тонна снижает на 14%
4	Создание конкурентного полога на поле	до 85%
5	Чередование холодостойких и теплолюбивых культур	до 13 раз

Таблица 2 – Классификация культур* для составления севооборотов

Холодостойкие культуры			Теплолюбивые культуры		
Злаки С1	Широколистные С2		Широколистные С3		Злаки С4
		Бобовые			
Пшеница	Лен	Горох	Нут	Гречиха	Просо
Ячмень	Рапс	Вика	Соя	Подсолнечник	Суданка
Овес	Горчица	Донник	Вигна	Сафлор	Кукуруза
Рожь	Фацелия	Чечевица	Люцерна	Амарант	Сорго
Тритикале		Клевер	Фасоль		

*Культуры с относительно низким потреблением воды выделены в таблице зеленым шрифтом. Засухоустойчивые культуры выделены красным шрифтом. Ячмень и вигна обладают одновременно низким потреблением влаги и высокой засухоустойчивостью.

Таблица 3 – Влияние севооборота на засоренность

Варианты технологий	Засоренность по севооборотам, шт./м ²		Степень снижения
	1Х:1Т	2Х:2Т	
минимальная	225	44	в 5 раз
нулевая	60	5	в 12 раз

за восемь лет, применение соотношения 2Х:2Т позволило сократить количество сорняков на минимальной обработке в 5 раз, на No-till в 12 раз (табл. 3).

Представленные результаты доказывают возможность защиты культурных растений от сорняков в плодосмене без применения гербицидов и механических обработок.

Защита растений от болезней осуществляется во-первых, за счет роста иммунитета культурных растений при более качественном питании восстановленной при плодосмене биотой. Во-вторых, при ежегодной смене разнотипных культур у возбудителей болезней гораздо меньше возможности прогрессировать. В-третьих, при использовании экологических способов защиты от сорняков резко снижается применение гербицидов, вызывающих стресс и снижение сопротивляемости культурных растений. Что касается вредителей, то они чаще всего нападают на ослабленные болезнью растения. У растений с высоким иммунитетом больше возможностей победить болезни и вредителей. Представленные доводы не означают полного отказа от применения фунгицидов и инсектицидов, их применение особенно по широколиственным масличным и бобовым в плодосмене необходимо. Однако иммунитет культур в плодосмене будет существенно выше, чем при монокультуре. С течением двух-трех ротаций потребность в химии постепенно будет снижаться.

О снижении плотности и твердости почвы чередованием культур

У всех злаковых культур мочковатая корневая система, а у широколистных – стержневая корневая система. Снижение плотности почвы достигается ежегодным чередованием злаковых культур с мочковатой корневой системой и широколистных со стержневой корневой системой. Следует иметь в виду, что с чередованием в севообороте различных типов культур (т.е. в плодосмене) на почве будет оставаться гораздо больше растительных остатков, чем при монокультуре. Со временем это приведет к накоплению органики, лучшему структурированию почвы, снижению ее твердости. Со временем ежегодное чередование растений с мочковатой и стержневой корневыми системами не позволит почве уплотняться даже при отсутствии механических обработок. Это подтверждается опытом применения плодосмена в ТОО «Трояна» Костанайской области.

О рациональном использовании техники и рабочей силы при плодосмене

Планирование в севообороте холодостойких и теплолюбивых культур обусловит необходимость ранних и поздних сроков сева. Весенне-полевые работы будут растянуты с конца апреля по начало июня. Растягивание сроков посева дает возможность выполнения весенне-полевых работ меньшим количеством техники. Соответственно будут растянуты и сроки уборки. Это дает возможность уменьшить потребность в уборочной технике. Затраты на приобретение техники (а их как раз и не хватает!) сократятся.

Об эффекте севооборота

Практикой и научными исследованиями было отмечено, что широколиственные культуры обычно повышают урожай следующих за ними злаковых культур. Например, урожайность пшеницы после льна или кукурузы в условиях северного региона Казахстана почти всегда выше на 12–20%, чем при монокультуре пшеницы. Отклик культуры при таком чередовании называют «эффектом севооборота». Эффект севооборота объясняется развитием почвенной биоты и улучшением в связи с этим доступности питательных веществ, меньшей плотностью, твердостью и большей влажностью почвы, меньшей зависимостью от болезней и вредителей. Эффект севооборота проявляется также и тогда, когда злаки предшествуют широколиственным культурам. Чередование в севообороте злаков одного типа (например, пшеницы и ячменя) не столь благоприятно, как чередование разных типов культур. Некоторые чередования злаковых культур вызывают снижение урожайности. Например, посев пшеницы или кукурузы после сорго вызывает снижение урожайности до 25–30%. Еще более неблагоприятно чередование в севообороте только широколиственных культур (например, льна и рапса). Это обусловлено тем, что болезни масличных растений быстро распространяются при слишком частом их выращивании. По этой причине посев широколиственных культур одного вида рекомендуется в севообороте не ранее, чем через три культуры, а посев злаков одного вида не ранее, чем через две культуры [9] (рис. 1).

Как видно из рисунка временного интервала, влияние на широколиственные культуры сильнее, чем на злаки. В плодосмене должны чередоваться злаковые и широколиственные, холо-



достойкие и теплолюбивые, яровые и озимые культуры. Таким образом, плодосмен – это экологический севооборот. При таком чередовании увеличение интервала между посевами одинаковых культур сокращает популяции сорных трав, способствует снижению патогенных популяций в почве и заболеваемости культур.

Причем важно не поддерживать постоянно чередований типов и интервалов между одинаковыми культурами для исключения приспособления сорняков, вредителей и возбудителей болезней к условиям возделывания. В одном цикле севооборота рекомендуется 2 широколистные культуры (из них одна бобовая и одна масличная) и два злака. При этом наилучшим вариантом считается, когда холодостойкий злак заменяет теплолюбивая широколиственная культура (и наоборот), а теплолюбивый злак заменяет холодостойкая широколиственная культура (и наоборот). Эффект севооборота проявляется в этом случае в полной мере. Применение плодосмена в ТОО «Трояна» и ТОО «Жанахай» свидетельствует о том, что чередование разнотипных культур приводит к повышению урожайности от 20 до 50%.

Зачем нужны покровные культуры?

Плодосмену присущи следующие недостатки:

– почвенная миклофлора (биота) функционирует только в живых корнях в период вегетации растений. Сразу после скашивания сельскохозяйственных культур она погибает. Таким образом, в осенне-зимний период при отсутствии живых корней жизнь в почве замирает. Биота начинает свою деятельность после посева новых культур на следующий год. При этом на активизацию работы биоты в весенний период тратится значительное время, в этот период растения развиваются очень медленно;

– после схода снега в апреле до посева проходит около месяца, в этот период из-за иссушения верхнего слоя почвы суховеями и солнечной инсоляции теряется в среднем 30% (45–60 мм) накопленной почвенной влаги;

– почва может нагреваться в летний период на открытых участках до температуры свыше 60 °С. Верхний слой иссушается, жизнедеятельность биоты в верхнем слое почвы в жаркие дни приостанавливается, часть бактерий погибает;

– в период вегетации, например, пшеницы в условиях степи на каждую тонну расходуется 130–160 мм влаги (причем 98% – это испарение с поверхности почвы и испарение растениями, и только 1,5–2% влаги растения тратят на набор массы);

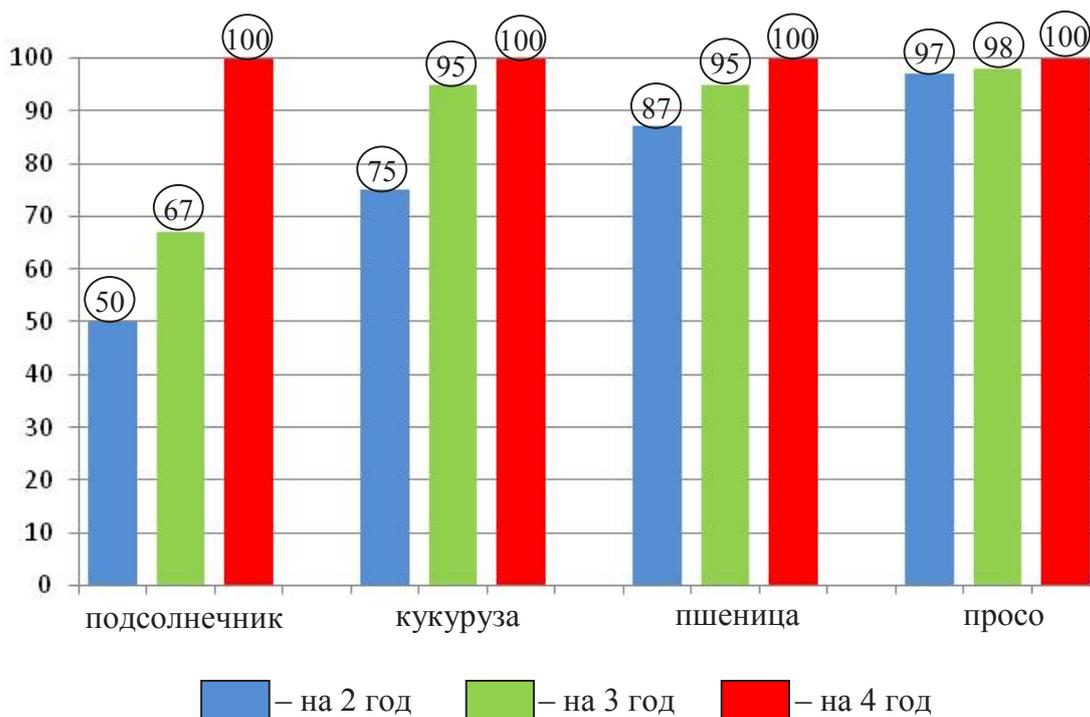


Рис. 1. Влияние временного интервала между культурами на их урожайность

– после скашивания сельскохозяйственных культур происходит гибель биоты от голода и очень быстрое иссушение почвы.

Имеющиеся в литературе данные свидетельствуют о том, что потенциальная способность испарения влаги почвой (в условиях орошения или при высоком уровне грунтовых вод) в условиях степи составляет 600–800 мм/год, в лесостепи 400–500 мм/год. В регионе Северного Казахстана выпадает 220–420 мм осадков. Учитывая, что основную долю годовых осадков мы теряем за счет испарения с поверхности почвы весной, а также в период вегетации растений и осенью, необходимо исключить эти непроизводительные расходы влаги испарением за счет посева покровных культур. При наличии биоты растения «пьют» и испаряют влагу меньше, чем «мертвая» почва. Поэтому в посевах, например, зерновых культур почву должны закрывать от солнечной инсоляции и испарения влаги широколиственные культуры. Исследования показывают, что при наличии покровных культур даже в самые жаркие дни почва нагревается не выше 25 °С.

Следует иметь в виду, что у каждой культуры своя биота. И чем больше культур высевается на поле, тем больше живых корней в почве, тем разнообразнее биота почвы. Поэтому применение в плодосмене покровных культур – это более высокий уровень севооборота по сравнению с плодосменом. Когда культур высевается две, причем первая основная, а вторая кормит основную культуру с помощью биоты, посев бинарный. Когда кормящих культур более двух (на практике их высевают одновременно от двух до трех-четырёх десятков, причем среди них могут быть озимые, двухлетние), это посев смеси (коктейля) покровных культур. При этом следует учитывать, что при высевах восьми и более культур аллелопатия (негативное воздействие одних растений на другие с помощью химических выделений) не наблюдается. Покровные культуры лучше всего высевать сразу после уборки культуры текущего года, пока жива биота, которую кормила скашиваемая культура. Состав коктейля покровных культур подбирается исходя из потребности конкретного поля или последующей культуры. Например, если в почве наблюдался большой вынос органического вещества, необходимо высевать на поле злаки, причем злаки группы С4 (теплолюбивые) дают почве особенно много углерода.

Если требуется накопление азота в почве, необходимо высевать бобовые культуры, они кормят углеродом азотфиксирующие бактерии, а бактерии кормят бобовые азотом. Требуется развитие микоризы в почве – необходимо высевать горох и другие бобовые, лен, подсолнечник, кукурузу и другие теплолюбивые злаки. Холодостойкие злаки тоже положительно влияют на развитие микоризы. Гречиха, горчица, редька, рапс, рыжик не «дружат» с микоризой. Требуется подавление сорняков на поле – необходимо высевать рожь, люпин, вику, горчицу, донник, овес. Горчица, гречиха, рапс, масличная редька, редис получают от биоты путем перевода из труднодоступных форм в легкодоступные фосфор, калий. Для последующей культуры эти элементы накапливаются в верхних слоях почвы уже в легкодоступном виде. Разуплотняют почву все культуры со стержневой корневой системой, особенно горчица, масличная редька, донник, подсолнечник.

Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что посев покровных культур приводит к развитию более сильной биоты, чем при развитии монокультуры с внесением минеральных удобрений. При этом у растений появляется возможность получать воду, элементы питания в большем объеме и доступном виде.

Выводы

1. Применяемые в течение долгого времени севообороты, системы обработки почвы и защиты растений не учитывали того, что сбалансированное развитие растений возможно только при непосредственном участии и развитии живой почвенной биоты, и в большинстве случаев были направлены на ее уничтожение.

2. Проведенные исследования свидетельствуют о том, что стабильное развитие культурных растений, их защита от сорняков, вредителей и болезней обеспечивается за счет чередования в севообороте разных типов культур, оставления растительных остатков на поле, отказа от механической обработки почвы. Указанные мероприятия направлены на развитие и поддержание почвенной биоты, обеспечивающей в свою очередь сбалансированное развитие культурных растений.

3. Установлено, что усилить воздействие чередования разных типов культур, системы No-till с экологической защитой растений на развитие почвенной биоты можно за счет при-



менения в плодосмене покровных культур. Применение в плодосмене покровных культур обеспечивает повышение плодородия почвы, рост урожайности, улучшение морфологических, агрофизических и физико-механических свойств почвы и существенное сокращение применения при возделывании культурных растений химических средств.

Список литературы

1. Сулейменов М. К. Желто-зеленая революция в земледелии Канады. Алматы : ОФППИ «Интерпигал», 2008. 240 с.
2. Cavan G., Cussans J., Moss S. Managing the risks of herbicide resistance in wild oat // *Weed Sci.* 2001. № 49. P. 236–240.
3. Кузнецов А. И. Природное органическое земледелие. М. : ИЛКО, 2016. 39 с.
4. Прянишников Д. Н. Севооборот и его значение в деле поднятия наших урожаев // *Избранные труды.* М. : Наука, 1976. С. 372–403.
5. Либман М., Молер Ч., Стейвер Ч. Управление сельскохозяйственными сорняками. Днепропетровск : ООО «Производственно-коммерческая фирма «АРТ-ПРЕСС», 2007. С. 107–108.
6. Андерсон Р. Новый экологический подход к борьбе с сорняками // *Сборник авторских статей.* Днепропетровск : Агро-Союз, 2007. С. 20–37.
7. Wicks G. A., Crutchfield D. A., Burnside O. C. Influence of wheat (*Triticum aestivum*) straw mulch and metolachlor on corn (*Zea mays*) growth and yield // *Weed Science.* 1994. № 42. P. 141–147.
8. Андерсон Р. Системный подход к борьбе с сорняками с применением технологии No-till при севообороте на полузасушливых почвах // *Сборник авторских статей.* Днепропетровск : Агро-Союз, 2007. С. 64–81.
9. Андерсон Р. Последовательность культур и интервал // *Сборник статей по No-till.* С. Майское : Корпорация «Агро-Союз», 2005. С. 88–93.

Астафьев Владимир Леонидович, д-р техн. наук, профессор, директор, Костанайский филиал ТОО «Научно-производственный центр агроинженерии».

E-mail: vladast01@mail.ru.

* * *

УДК 631.611.001.5(470.55)

РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЕЛЬ В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ ЮЖНОГО УРАЛА

В. С. Зыбалов, Н. С. Сергеев, М. В. Запечалов

Представлены результаты мониторинга залежных земель в лесостепной зоне Челябинской области. Рассматривается содержание тяжелых металлов в верхних горизонтах почвы в результате антропогенного воздействия. Приводится агрохимический анализ и агрофизические показатели почв в зависимости от срока пребывания в залежи, описание почвенного разреза, изучены процессы изменения видового состава растительных сообществ на залежных землях по годам и как результат накопление органического вещества, изменение структуры почвы и плотности ее сложения. Определена возможность возврата таких земель в сельскохозяйственный оборот на основе процесса восстановления плодородия земель в зависимости от срока пребывания в залежном состоянии и способности отвечать всем необходимым агроэкологическим требованиям для возделывания сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: залежные почвы, плодородие, деградация, структура, плотность сложения, растительные сообщества.

За последние 40 лет из сельскохозяйственного оборота РФ выбыло более 40 млн га пахотных почв. Это не только почвы, использование которых в настоящее время экономически невыгодно (солонцовые комплексы, высокощелочные, загрязненные, деградированные, удаленные от населенных пунктов), но и почвы плодородные, окультуренные, бывшие орошаемые [1]. Подобный процесс наблюдается и в Челябинской области, где по разным причинам заброшено более 650 тыс. га или около 25% пахотных земель. Возврат залежных земель в пашню в настоящее время является одной из важных задач увеличения производства растениеводческой продукции, в частности повыше-

ния урожайности и качества зерна в области. За последние годы в регионе по возврату земель в пашню начата большая работа. В частности проводится их инвентаризация с целью выявления по хозяйствам неиспользуемых земельных участков и определение их дальнейшей пригодности для вовлечения их в оборот. Выделяются субсидии на обработку и использование таких земель. Однако для быстрого возврата залежных земель в пашню имеется ряд сдерживающих причин. Во-первых, большое количество различных собственников земли, которые используют их не по назначению, а также оформлению невостребованных долей. Во-вторых, незначительный размер штрафных санкций



и отсутствие повышенных ставок земельного налога за неиспользование залежных земель. Кроме того, для возврата залежных земель, особенно заросших древесно-кустарниковой растительностью, требуются большие субсидии, которых недостаточно.

Основные причины появления заброшенных пахотных земель

Экономические причины. В первую очередь сокращение пахотных почв и посевных площадей было связано с острым недостатком материальных средств и сельскохозяйственной техники. Количество вносимых на гектар посева удобрений уменьшилось в сравнении с 1990 годом более чем в 12 раз, и, как показывает анализ почв, баланс NPK в почвах Челябинской области начиная с 1990 г. отрицательный. Так, за 2011–2019 гг. отрицательный баланс питательных веществ в среднем по области составил 72,3 тыс. т д. в. [2].

Экологические причины. Исключение пашни происходит в результате деградации, загрязнения, дисбаланса гумуса и питательных элементов, экологической необустроенности сельскохозяйственных территорий. Такие земли требуют больших затрат.

К социальным причинам следует отнести продолжающийся в течение многих лет отток сельского населения в города. В результате некоторые сельские поселения утратили свое существование, а во многих практически не осталось трудоспособного населения. Большие площади удобно расположенных земель, которые раньше обрабатывали жители деревень, заброшены и заросли бурьянистыми сообществами. В таблице 1 представлены сельскохозяйственные районы, в которых находится наибольшая площадь залежных земель на 01.01.2018 г. [3].

Однако необрабатываемые залежные почвы имеют значительные агроэкологические

преимущества по сравнению с обрабатываемыми. На них практически прекращаются процессы водной эрозии и дефляции, происходит накопление гумуса, восстанавливается ее структура и водно-физические свойства, снижается банк семян сорняков, поэтому важным аспектом в проблеме залежных почв в настоящее время является изучение естественного восстановления плодородия антропогенных, деградированных, т.е. выпаханных, эродированных и переуплотненных почв и возможность их возврата в сельскохозяйственный оборот.

Экспериментальная часть

В настоящем сообщении изложены некоторые результаты исследований по изучению важнейших свойств выщелоченных и обыкновенных черноземов в Верхнеуральском, Октябрьском и Сосновском районах Челябинской области за период 2006–2019 гг.

В течение последних девяти лет (2010–2019 гг.) проводился мониторинг участка залежных земель площадью 70 га, заброшенный более 20 лет. Данный участок расположен на территории Сосновского района, категория земель – земли сельскохозяйственного назначения.

Для проведения исследований (отбора образцов почв) на указанной территории в 2010 году были заложены пять стационарных участков, в том числе один на ранее необрабатываемом участке.

Работа выполнена в соответствии с общепринятыми методиками и ГОСТами, используемыми в почвоведении и агрохимии [4, 5].

Отбор почвенных проб и подготовка их к анализам проводилась по стандартной методике согласно ГОСТ 17.4.4.02.-84 «Охрана природы». Методы отбора и подготовки проб почв для химического, бактериологического анализа».

Определяли pH водной вытяжки по ГОСТ 2642385 «Почвы». Методы определения

Таблица 1 – Районы Челябинской области, на которые приходится большая площадь залежных земель, тыс. га

Районы	Площадь залежных земель, тыс. га
Аргаяшский	70,4
Кунашакский	69,4
Красноармейский	68,5
Нагайбакский	59,1
Верхнеуральский	57,9

удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки с использованием ионометра «И-130».

Определение подвижного фосфора и калия производили по ГОСТ 26204-91 «Почвы» по методу Чирикова в модификации ЦИНАО.

Кальций в водной вытяжке почв определяли атомно-абсорбционным методом согласно ГОСТ 26487-85 «Определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методами ЦИНАО».

Измерения производили с использованием атомно-абсорбционного спектрофотометра «Квант-2АТ».

Определение мышьяка производили фотометрическим методом.

Для спектрофотометрического анализа кальция использовали фотометр фотоэлектрический «КФК-3-01».

Содержание свинца, кадмия и хрома в почвах определяли по стандартным методикам МЦИНАО, 1992 г. РД 52.18.191-90.

Результаты и обсуждения Влияние залежных земель на состав и свойства почвы

Структура почвы является весьма консервативным показателем и восстанавливается на залежных землях очень медленно, а при вспашке разрушается в течение 3–5 лет [6]. В связи с этим залежь является одним из путей создания ценной структуры, что подтверждается

приведенными данными. Исследованием установлено, что в горизонте 0–10 см двухлетней залежи содержание ценных агрегатов от 0,25 до 10 мм составило 67,2%, на пашне – 63,1%. В связи с обработкой на пахотных землях наблюдается высокое содержание пылеватой фракции (агрегатов менее 0,25 мм), на пашне этот показатель выше целинных аналогов на 9,9%, что подтверждается приведенными в таблице 2 данными.

На пятилетней залежи содержание ценных агрегатов увеличилось в сравнении с пашней на 7,2%, на восьмилетней – на 9,6% и соответственно составляет 72,2% и 74,8% с незначительным расхождением. Высокое содержание во всех вариантах крупных агрегатов более 10 мм можно объяснить засушливыми годами.

В горизонте 10–20 см по сравнению с горизонтом 0–10 см увеличивается доля агрегатов более 10 мм. На десятилетней залежи содержание ценной структуры увеличилось относительно пашни на 11,4% и соответствовало целинному аналогу – 71,5%. В ходе зарастания залежи, образования растительного покрова и развития мощной корневой системы происходит постепенное улучшение почвенной структуры, что видно из результатов исследований. Многолетние залежи по своим характеристикам близки к целинным аналогам.

Важное значение имеет плотность сложения залежных почв. Исследования и сравнительная оценка плотности сложения залежных

Таблица 2 – Показатели почвенной структуры в южной лесостепной зоны, Октябрьский район (2012–2016 гг.)

Варианты	Глубина взятия почвенного образца, 0–10 см							
	размер гранулометрической фракции, %							
	> 10	4,5–10	4–4,5	3,25–4	3–3,25	1–3	0,25–1	< 0,25
Масса гранулометрической фракции, % от массы навески								
Пашня	22,9	4,8	3,0	4,6	4,6	24,9	21,2	13,0
Залежь 2 лет	22,5	7,6	4,0	5,7	5,9	25,4	18,6	10,3
Залежь 5 лет	21,0	9,3	4,2	5,9	6,0	25,0	21,8	6,8
Залежь 8 лет	20,8	10,2	7,9	7,6	4,0	23,5	21,6	4,4
Целина	19,2	12,5	6,4	6,0	4,0	25,6	23,2	3,1
Глубина взятия почвенного образца, 10–20 см								
Пашня	35,9	6,0	3,5	5,0	4,1	25,1	12,9	7,5
Залежь 2 лет	34,6	8,1	4,0	6,0	5,9	26,0	10,7	4,7
Залежь 5 лет	34,0	7,9	3,9	6,1	5,2	28,8	10,3	3,8
Залежь 8 лет	30,0	11,5	4,5	7,0	5,5	27,0	12,5	2,0
Целина	26,5	10,0	4,0	6,0	5,5	29,0	17,0	2,0



почв и под сидеральными культурами на пашне показали, что в среднем за два года в слое 0–20 см она составила 1,23 г/см³; в залежи второго года 1,27 г/см³; пятого – 1,23 г/см³. Опытами установлено, что в первые годы после перевода пашни в залежь наблюдается уплотнение почвы, затем происходит ее разуплотнение и приближение к равновесному состоянию (1,19 г/см³) [7]. Однако во всех вариантах после залежи плотность сложения выше, чем на пахотных землях, что подтверждается приведенными данными в таблице 3.

Как видно из данных, плотность сложения на двухлетней залежи возрастает, в среднем за два года она составила в горизонте 0–10 – 1,25 г/см³, в горизонте 0–20 – 1,30 г/см³, что выше пашни на 0,15 и 0,16 г/см³ соответственно. На пятилетней залежи этот показатель снижается, а на десятилетней приближается к плотности, соответствующей целинным землям. Так, в слое 0–10 см в среднем за два года она составила 1,16 г/см³ (на целине – 1,18 г/см³), в слое 10–20 см – 1,22 г/см³ (на целине – 1,24 г/см³).

В 2013 году на опытном поле учебного хозяйства Верхнеуральского агролицея № 133 был заложен почвенный разрез на восьмилетней залежи, результаты химического анализа приведены в таблице 4.

Практически все указанные в таблице тяжелые металлы поливалентны, многие их соединения хорошо растворимы в воде, они хорошо сорбируются биотой почв и образуют в почвенном растворе с удобрениями, мелиорантами и гумусовыми кислотами нерастворимые соединения. На состояние в почвенном растворе тяжелых металлов и характер их распределения в пахотном горизонте оказывают влияние как гранулометрический, так и химический состав почв, состав и свойства органических соединений гумуса. Тяжелые металлы оказывают существенное влияние на состояние и на состав питательных веществ в почвах, особенно на соединения подвижного фосфора, легкогидролизуемого азота, переводя их в нерастворимые соединения. В связи с тем, что основная часть азота до 80% входит в состав

Таблица 3 – Плотность сложения на залежных землях, г/см³

Варианты	Годы				Среднее за два года	
	2018		2019		0–10	10–20
	0–10	10–20	0–10	10–20		
Пашня (пшеница)	1,12	1,17	1,12	1,18	1,12	1,14
Залежь 2 года	1,22	1,28	1,25	1,32	1,25	1,30
Залежь 5 лет	1,18	1,24	1,21	1,31	1,19	1,27
Залежь 8 лет	1,13	1,18	1,20	1,26	1,16	1,22
Целина	1,16	1,22	1,20	1,26	1,18	1,24

Таблица 4 – Результаты химического анализа образцов восьмилетней залежи, мг/кг почв. Верхнеуральский район (2013 г.)

№ образца	Гумус, %	Фосфор	Свинец	Медь	Никель	Кадмий	Цинк	Кобальт
№ 1 Горизонт 0–10 см	6,87	183,6	12,88/0,14	21,6/0,03	34,2/1,50	0,15/0,08	78,9/0,26	7,07/0,13
№ 2 Горизонт 10–20 см	6,99	163,7	12,66/0,11	30,3/0,02	35,2/1,32	0,15/0,04	73,7/0,14	7,26/0,07
№ 3 Горизонт 25–40 см	4,81	110,9	10,21/0,19	16,3/0,02	29,45/1,03	0,08/0,05	53,2/0,01	5,92/0,04
№ 4 Горизонт 40–70 см	1,99	139,0	9,48/0,08	15,1/0,06	24,5/0,70	0,09/0,06	51,8/0,09	4,55/0,05
№ 5 Горизонт 70–100 см	1,76	133,0	9,8/0,08	17,1/0,10	27,2/0,67	0,09/0,08	62,7/0,15	5,04/0,4

Примечание: в числителе – кислотнорастворимые формы, в знаменателе – подвижные формы.

гумуса, то состояние азота в гумусе зависит от содержания органических веществ и тяжелых металлов, а также от кислотности залежных почв. Основными продуктами, образующими при взаимодействии органической части гумуса с ионами тяжелых металлов, являются сложные соли, гуматы и фульваты тяжелых металлов, а также комплексные металлоорганические соединения [8]. Исследованиями установлено, что на залежных землях тяжелые металлы в меньшей степени связывают гуминовые кислоты, переводя их в гуматы, чем на пахотных почвах [9]. Исследования в северной лесостепи Челябинской области на выщелоченных черноземах подтверждают положительное влияние на свойства и состав почв многолетней залежи.

Так, мониторинг залежных почв, который проводился в северной лесостепи (Сосновского район) в течение девяти лет (2010–2019 гг.), показал, что они относятся к чернозему, выщелоченному по гранулометрическому составу – среднесуглинистые. Структура почвы зернистая и мелкокомковатая.

Гумусовый горизонт (А и АВ) находится в интервале 37–40 см.

Содержание гумуса невысокое: в горизонте 0–10 см – 5,0...5,5%, в горизонте 10–20 см – 4,8...4,9.

Установлено, что на исследуемом участке залежных земель основные показатели выровнялись за 15 лет в сравнении с контрольным необрабатываемым ранее участком [10].

В таблице 5 представлены результаты мониторинга залежных почв северной лесостепи Челябинской области.

В результате мониторинга установлено, что за 9 лет на исследуемом участке произошло

повышение гумуса на 1,2%. Стабилизировалась реакция почвенного раствора pH-5,8, а на 1 и 4 экспериментальных участках произошло смещение реакции почвенного раствора со слабодиссоциированной до нейтральной pH (6,2), что соответствует характеристике выщелоченных черноземов. Однако содержание подвижного фосфора и калия низкое, не превышает 4,8 и 14,3 мг на 100 г почвы, соответственно. Анализ содержания тяжелых металлов показал, что их количество не превышает ПДК [9].

Если в 2014–2015 году на фоне слабодиссоциированной реакции почвенного раствора (pH 4,8–5,5) наблюдалось небольшое повышение содержания тяжелых металлов и мышьяка, а именно: содержание первой группы опасности – мышьяка и кадмия было несколько выше ПДК (с учетом фоновых концентраций), однако в 2017–2019 годах превышение ПДК по данным элементам не наблюдалось.

Это связано с тем, что за летний период 2012–2015 годов выпало больше осадков, чем в 2017–2019 годы, в связи с этим массовая доля тяжелых металлов (хром, свинец, кадмий, никель), а также мышьяка была нулевой. Однако агроэкологическая оценка земель на содержание мышьяка должна учитываться в будущем при размещении на них сельскохозяйственных культур. Аккумуляция кадмия в почвах может сопровождаться повышением его содержания в растениях и продуктах питания. Исследованные почвы относятся к малогумусовым. Если залежные земли содержат мало гумуса, то они обладают слабой устойчивостью к загрязнению; это означает, что они слабо связывают тяжелые металлы, легко отдают их растениям или пропускают их через себя с фильтрующимися водами.

Таблица 5 – Средние показатели химического анализа почв (Сосновский район, 2010–2019 гг.)

Наименование показателя, ед. измерения	Целина (контроль)	Участок № 1	Участок № 2	Участок № 3	Участок № 4
Содержание гумуса, %	6,6	5,7	6,3	5,9	6,0
Массовая доля подвижного фосфора, мг/100 г	7,5/6,4	4,4/3,2	4,5/2,9	5,1/3,8	4,8/4,0
Массовая доля обменного калия, мг/100 г	15,6/13,4	14,1/8,3	9,4/7,3	16,7/9,5	12,4/7,4
pH	6,0/5,99	5,24/5,18	5,51/5,36	5,37/5,14	5,61/5,72
Количество эквивалентов калия моль/100 мг	18,0/18,4	19,4/21,0	18,6/18,4	18,9/20,1	19,4/19,8
Тяжелые металлы, мг/кг почвы					
Свинец	0,4	0,34/0,31	0,37/0,41	0,48/0,51	0,74/0,97
Кадмий	14,4	17,1/16,8	18,6/17,2	19,3/16,1	17,8/17,1
Хром	33,4	33,7/35,1	43,2/46,2	29,8/31,0	34,6/33,4
Никель	6,4	7,2/7,0	5,3/6,1	5,8/6,4	7,3/7,7



Кроме того, устойчивость комплексных соединений металлов с гумусовыми кислотами зависит от pH почвенного раствора. Логарифм константы устойчивости комплекса $Cd(GK)_2$ повышается на 0,63 единицы на каждую единицу pH. Относительно низкие значения pH почвенного раствора могут обуславливать переход металлов – кадмия и хрома – в подвижные формы. В результате мониторинга установлено, что с 2010–2014 годы реакция почвенного раствора pH колебалась в интервале от 5,0 до 5,5, причем эти показатели на протяжении четырех лет держались стабильно. Это связано с низким содержанием кальция в ППК, особенностями погодных условий и различного поступления биомассы. За этот период отмечалась низкая доля кальция, его содержание не превышало 18,4 мг-экв. на 100 г почвы, что связано с вымыванием кальция в 2014 году. С 2015 года с увеличением накопления органического вещества доля кальция возросла. Погодные условия в 2015–2019 годах оказали положительное влияние на содержание обменного кальция на всех исследуемых участках, в сравнении с 2010–2014 годами произошло его увеличение от 1,3 до 3,6 ммоль/100 г. Это положительно сказалось на содержании ценной структуры почвы (0,25–10,0 мм), ее содержание при сухом просеивании составило 69,8 %, что близко к целинным аналогам 71,4 %.

Изменение состояния растительного покрова залежных земель

Растительность залежей в ходе многолетней динамики проходит определенные стадии (бурьянистые, корневищные, рыхлокустовые, плотнокустовые). Последние развиваются длительное время (до 15 и более лет) и составляют ключевые этапы фитоценоза растительности залежей.

Залежная растительность является одним из главных факторов почвообразования и оказывает фитомелиоративное влияние на восстановление деградированных процессов при использовании почв. В результате зарастания земель образуется растительный покров, приближающийся по своей структуре к естественным растительным сообществам.

Проведенными исследованиями установлено, что видовое разнообразие фитоценоза изменяется по мере увеличения возраста залежи чернозема обыкновенного, выведенного из сельскохозяйственного оборота. Происходит изменение строения верхней части почвенного профиля (мощности гумусового горизонта) за-

лежи относительно целины и пашни. Опыты показали, что в первые два года при выведении пашни из оборота на участках преобладают сорные растения корнеотпрысковой группы: осот полевой (*Sonchus-arvensis*), осот розовый или бодяк полевой (*Cirsium-arvense*), вьюнок полевой (*Convolvulus-arvensis*L); однолетние растения: ежовник обыкновенный (*Echinochloa-crusgalli*), щетинник зеленый (*Setaria-viridis*), марь белая (*Artiplex-spatula*). Наблюдается широкое разнообразие представителей семейства сложноцветных, на двухлетней залежи отсутствует дернина, а мощность гумусового горизонта составляет 33 см.

На пятилетней залежи состав изменяется и происходит значительное снижение численности малолетних сорняков. Наблюдается очередной этап восстановительной сукцессии. Господствуют корневищные и кистекорневые, одно-, двухлетние стержнекорневые травянистые растения. Появляется значительное количество новых видов растений: пырей ползучий (*Elytrigia-repens*), тысячелистник обыкновенный (*Achillea-millefolium*), пижма обыкновенная (*Tanacetum-vulgare*), полынь обыкновенная (*Artemisia-vulgaris*), ромашка непахучая (*Matricaria-anodora*), цикорий обыкновенный (*Cichorium-intybus*), лапчатка серебристая (*Potentilla-argentea*), клубника лесная (*Fragaria-vesca*). Появляются также представители семейства бобовых: мышиный горошек (*Vicia-gracca*), донник желтый (*Melilotus-officinalis*) и другие. В строении верхнего профиля почвы наблюдается увеличение мощности гумусового горизонта до 36–40 см.

На восьми- и десятилетней залежи практически полностью вытеснены малолетние растения, появляется степная и луговая растительность: полынь обыкновенная (*Artemisia-vulgaris*), пижма обыкновенная (*Tanacetum-vulgare*), чина луговая (*Lathyrus-pratensis*), льнянка обыкновенная (*Linaria-vulgaris*).

Доминируют представители семейства мятликовых: рыхлокустовые – овсяница луговая (*Festuca-pratensis*), кострец безостый (*Bromus-inermis*); плотнокустовые – овсяница овечья (*Festuca-ovina*); сложноцветных, розоцветных, бобовых. На залежи растет число видов, не относящихся к сорным растениям. Происходит образование дернины за счет хорошо развитой корневой системы растений. Разнотравье представлено большим количеством видов, помимо этого наблюдается значительная поросль березы (*Betula-pendula*).

Подобное явление опасно тем, что при быстро разрастающихся древесных видах освоение подобных категорий земель является более энергозатратным, требующим значительных субсидий при раскорчевке. В связи с этим видовой разнообразие растительности залежей необходимо учитывать при разработке агротехнических мероприятий по вторичному освоению таких земель. В связи с увеличением растительности изменяются показатели мощности гумусового горизонта, он возрастает на 5–10 см по сравнению с пашней и двулетней залежью, их значение соответствует мощности гумусового горизонта на целинном аналоге (42 см). Это свидетельствует о том, что растительный покров и развитие корневой системы способствуют накоплению гумуса по мере зарастания залежи.

Исследованием установлено, что в процессе естественного зарастания залежные земли южной лесостепной зоны Челябинской области проходят мелкобурьянистую, пырейную, рыхлокустовую, плотнокустовую стадии зарастания. На целинном черноземе обыкновенном широко представлены многолетние растения таких семейств, как сложноцветные или астровые (*Asteraceae*), мятликовые (*Gramineae*), бобовые (*Fabaceae*), розоцветные (*Rosaceae*). Таким образом, длительная залежь по видовому составу растительности наиболее близка к целинным аналогам.

На пашне (в посевах культур, в том числе сидеральных) в основном преобладают малолетние сорные растения, такие как щетинник зеленый (*Setaria viridis*), марь белая (*Artiplex-spatula*), молочай солнцегляд (*Euphorbia-helioscopia*), ежовник обыкновенный (*Echinochloa-crusgalli*), вьюнок полевой (*Convolvulus-arvensis*), осот желтый (*Sonchus-arvensis*). Преобладают в травостое растения семейства астровых и мятликовых. Мощность гумусового горизонта не превышает 32–35 см [6, 12].

Благодаря растительному покрову, его мощной корневой системе происходит накопление гумуса за счет прироста растительной биомассы и поступления ее в почву, улучшаются агрофизические и агрохимические показатели.

Известно, что почвы, находящиеся под лесом, луговой и степной растительностью, отличаются от пахотных значительно лучшим структурным состоянием и сравнительно хорошей водопроцностью структурных отдельных частей. При пахотном использовании почвы с возделыванием культурных растений нарушается баланс органического вещества.

Как ранее отмечалось, черноземы Южного Урала «выпаханы», структурно-агрегатный состав характеризуется большим содержанием пылеватой фракции и при высокой антропогенной нагрузке или нарушении агротехнологий разрушается и распыляется.

На залежных землях корневая система растений выступает в роли мощного агента структурообразования, пронизывая почву во всех направлениях густой сетью мелких корешков. Корни могут проникать в почву по трещинам, следам сгнивших корней и корневищ растений, ходам червей и животных. Корни заселяют также глубокие слои почвы, где она мало иссушена, сравнительно слабо промерзает.

Немаловажную роль играют мелкие корни и корневые волоски, которые могут проникать и в нерасчлененную часть почвы или подпочвы. Даже плотная почва во влажном состоянии не оказывает значительного сопротивления прохождению корневого волоска, нередко имеющего несколько микрон в диаметре. Расчленяющая деятельность мелких корешков распространяется на несколько миллиметров и даже доли миллиметров. В соответствии с этим и размеры структурных комков, образующихся в результате деятельности корней растений, могут быть незначительными.

Морфологический верхний (0–10 см) горизонт характеризуется большой насыщенностью корнями степной растительностью. На пашне в слое 0–10 см объем корней достигает 637 см³ на 1 м², на залежи 2 года 875 см³, на пятилетней залежи 1820 см³ на 1 м². Насыщенность почвы корнями в слое 0–10 см на залежных землях по сравнению с пашней (горохоовсяная смесь) возрастает в среднем в 3 раза. Определение интенсивности выделяется CO₂ по методу В.И. Штатного в 0–10 см показало увеличение биологической активности почвы на залежных почвах в сравнении с пашней. Так, под горохоовсом на пашне выделялось 0,48 г/см³ CO₂, а на пятилетней залежи в 1,2 раза больше.

Выводы

1. На залежных землях в зависимости от срока их вывода из сельскохозяйственного оборота происходят изменения видового состава растений, накопление органического вещества, увеличение гумуса на 1,2%, значительно увеличивается доля корней, возрастает биологическая активность почвы.

2. Изменяются основные агрофизические свойства почв, на пяти- и восьмилетней залежи



уменьшается плотность сложения на 0,3–0,5 г/см³, улучшается структура верхней части бывшего обрабатываемого пахотного слоя на 5–8%.

3. Поступление тяжелых металлов может оказывать влияние на агрохимические показатели почвенного плодородия залежных земель, особенно на соединения подвижного фосфора и легкогидролизуемого азота, переводя их в нерастворимое состояние.

4. Для ввода залежных земель в сельскохозяйственный оборот необходима дифференцированная технология обработки почвы, использование гербицидов, удобрений и мелиорантов в зависимости от сроков пребывания в залежи.

5. Предоставление субсидий сельскохозяйственным товаропроизводителям является важным стимулирующим фактором для вовлечения в оборот залежных земель.

Список литературы

1. Korchenov A. A., Zыbalov V. S. Interrelation of rotating agricultural lands with output indicators // *Ecological Agriculture and Sustainable Development / South Ural State University*. 2019. С. 325–333.

2. Зыбалов В. С., Денисов Ю. Н. Баланс питательных веществ в почвах Челябинской области // *Проблемы аграрного сектора Южного Урала и пути их решения* : матер. Междунар. науч.-практ. конф. Института агроэкологии. Челябинск, 2018. С. 59–67.

3. Стенюшкина Р. И., Иванова Н. П. Порядок оказания финансовой поддержки сельским товаропроизводителям, связанным с вовлечением в оборот земель сельскохозяйственного назначения // *Идеи молодых ученых – агропромышленному комплексу: агроинженерные и сельскохозяйственные науки*. Челябинск : ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2019. С. 172–179.

4. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий и продукции растениеводства / сост. А. В. Кузнецов, А. П. Фесюн, С. Г. Самохвалов, Э. П. Махонько. М. : ЦИНАО, 1992. 62 с.

5. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. М., 2006. 4 с.

6. Зыбалов, В. С., Добровольский И. П., Рахимов Р. С. Рациональное использование земель сельскохозяйственного назначения Челябинской области. Челябинск : ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2016. 265 с.

7. Козаченко А. П. Состояние почв и почвенного покрова Челябинской области по результатам мониторинга земель сельскохозяйственного назначения. Челябинск, 1997. 267 с.

8. Зыбалов В. С., Попкова М. А. Влияние тяжелых металлов на агрохимические показатели почв Южного Урала // *Вестник ЮУрГУ. Сер. : Химия*. 2018. Т. 10. № 2. С. 33–40.

9. Зыбалов В. С., Крупнова Т. Г. Анализ химического состава земель западного берега Шершневого водохранилища // *Вестник ЮУрГУ. Сер. : Химия*. 2014. Т. 6. № 3. С. 34–38.

10. Денисов Ю. Н. Оценка состояния плодородия почв Челябинской области // *Агрохимический вестник*. 2015. № 2. С. 2–5.

11. Агрохимическое состояние почв Челябинской области. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центр химизации и сельскохозяйственной радиологии «Челябинский», 2019.

12. Васильев А. А., Зыбалов В. С., Скрябин А. А. Программирование урожайности картофеля в лесостепи Южного Урала // *Пермский аграрный вестник*. 2014. № 2 (6). С. 3–10.

Зыбалов Владимир Степанович, д-р с.-х. наук, профессор, профессор кафедры ТСХЗ, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: Zыbalov74@mail.ru.

Сергеев Николай Степанович, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры ЭМТП и ТМЖ, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: s.n.st@mail.ru.

Запевалов Михаил Вениаминович, д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры ЭМТП и ТМЖ, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: mv.zapevalov@mail.ru.

* * *

УДК 582.782.2:575.113.2

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ВЫДЕЛЕНИЯ ДНК ИЗ ЛИСТЬЕВ ВИНОГРАДА С ЦЕЛЬЮ СЕКВЕНИЗИРОВАНИЯ

**В. О. Миндиарова, Д. С. Савенкова, Ю. О. Филиппова,
А. В. Милованов, Л. П. Трошин**

В статье приводится обзор методов выделения ДНК применительно к последующему секвенированию и геномному анализу. Рассмотрены два метода экстракции: ЦТАБ-метод и выделение коммерческим набором компании QIAGEN. Далее произведено секвенирование выделенных при помощи ПЦР областей генома винограда, детерминирующих антоциановую окраску. Выявлено, что выделенные области сорта Рислин идентичны, а разные методы не повлияли на результат.

Ключевые слова: выделение ДНК, ЦТАБ-метод, коммерческие наборы, секвенирование, VvMybA1, антоцианин, ягоды, вино, виноград, нуклеиновые кислоты.

Финансирование

Работа выполнена при поддержке РФФИ и Администрации Краснодарского края, грант № 19-44-233003.

Использование секвенирования отдельных генов или их участков, детерминирующих какие-либо признаки, является одним из важнейших инструментов в молекулярной биологии живых организмов. Исследования, выполненные с использованием таких методов, позволяют не только понять, как устроены сами гены, но и предсказать возможное влияние мутационных изменений на фенотип, в частности, на один из таких широко изучаемых и экономически важных признаков, как окраска ягод у растений [5].

Как известно, окраска ягод детерминируется группой генов Myb, расположенной в растительном ядерном геноме, что было про-

демонстрировано, например, на таком модельном организме, как *Arabidopsis thaliana* [7, 8]. Более того, данные гены и соответствующие метаболические пути были выявлены у хозяйственно ценных культур, таких как яблоня [2], земляника [13], виноград [6] и других [9].

Тем не менее, при проведении исследовательской работы по изучению любого из признаков необходимо выполнить несколько этапов: выделение и очистка ДНК, ПЦР-анализ и секвенирование полученного гена или его участка. При этом важно заметить, что именно получение качественного ДНК-экстракта играет решающую роль в проведении исследований, так как от его чистоты и концентрации зависит прове-



дение ПЦР (особенно если речь идет о старых образцах) и, соответственно, дальнейшее секвенирование.

Как было сказано, первым этапом проведения молекулярно-генетического анализа является выделение ДНК из исследуемого материала [11]. В зависимости от исследуемого материала выбирается метод, которым он будет изучаться, и, в частности, метод экстрагирования ДНК. Например, помимо выделения тотальной ДНК, существуют и специализированные методы, направленные на получение концентрата из хлоропластных [17] или митохондриальных геномов [16], дающих большой выход высококачественного продукта.

Очевидно, что каждый из используемых методов имеет свои особенности в зависимости от типа клеток и изучаемого растения, но в целом большинство из них основано на общих принципах [1, 15, 19, 23]. В настоящее время существует много различных способов выделения ДНК, синопсис их состоит в экстракции нуклеиновых кислот из биоматериала и последующем удалении посторонних компонентов для получения раствора ДНК с пригодной для дальнейшего использования чистотой. Например, сложность работы с растительным материалом состоит в том, что необходимо разрушить достаточно прочную по своей структуре клеточную стенку, состоящую из целлюлозы, и для того чтобы осуществить это, следует оказать на нее механическое и химическое воздействие [20, 14]. Таким образом, в нашем исследовании была поставлена цель сравнить два метода выделения ДНК (ЦТАБ-метод и коммерческим набором QIAGEN), выделить и секвенировать аллель гена VvMybA1 культурного винограда у распространенного сорта Рислинг, не имеющего окраски ягод.

Объекты и методы исследований

В качестве растительного материала был выбран распространенный неокрашенный сорт Рислинг, произрастающий на Анапской зональной опытной станции. ДНК выделяли из листьев при помощи двух способов: ЦТАБ-метод [22] и коммерческим набором QIAGEN (<https://www.qiagen.com/ru/products/discovery-and-translational-research/dna-rna-purification/dna-purification/genomic-dna/dneasy-plant-mini-kit/#orderinginformation>).

Параметры ПЦР описаны в статьях Azuma и др. [3] Секвенирование выполнялось ЗАО Ев-

роген по методу Сэнгера с использованием прямого и обратного праймеров VvMybA1_F2 (5'-GGACGTTAAAAAATGGTTGCACGTG-3') и VvMybA1_R1 (5'-GAACCTCCTTTTTGAAGTGGTGACT-3') [3]. Проверку полученных результатов и разделение продуктов амплификации проводили в 2%-м агарозном геле.

Поиск нуклеотидных последовательностей на соответствие ожидаемым аллелям нуклеотидных последовательностей выполнялся с использованием алгоритмов NCBI BLAST [10]. Сравнение и анализ полученных сиквенсов был выполнен при помощи Clustal Omega [18].

Результаты и обсуждение

Один из самых распространенных методов в научной практике, используемых для выделения ДНК, – ЦТАБ-метод (цетилтриметиламмонийбромид) с добавлением β-меркаптоэтанола.

Для того чтобы выделить ДНК данным методом, необходимо выполнить следующие этапы:

1. Растительную ткань (100 мг) растереть в ступке с добавлением 1–2% поливинилпирролидина и 810 мкл ЦТАБ-буфера. Полученный гомогенизат необходимо переместить в 1,5 мл пробирку и затем в термостат, нагретый до 65 °С, на 30 мин. В процессе инкубации следует перемешивать содержимое пробирки на вортексе каждые 5–10 минут.

2. После инкубации охладить пробирки до комнатной температуры и добавить в каждую пробу по 810 мкл смеси хлороформа и изоамилового спирта в соотношении 24:1.

3. Перемешать на вортексе, после чего центрифугировать 15 минут со скоростью 13 000 об/мин.

4. Перенести супернатант в новую пробирку объемом 1,5 мл.

5. К нему добавить 50 мкл 3М ацетата натрия, 150 мкл 4М хлорида натрия и 540 мкл холодного изопропанола.

6. Далее перемешать на вортексе и инкубировать при температуре –20 °С в течение 30 мин.

7. Провести центрифугирование в течение 15 мин. со скоростью 13 000 об/мин.

8. Выполнить промывание образовавшегося осадка 70%-м этиловым спиртом объемом 500 мкл. Для этого следует удалить из пробирки жидкую фазу, прилить к осадку спирт, перемешать на вортексе, после чего спирт удалить.

9. Поместить в термостат пробирки с открытыми крышками и высушить осадок при температуре 37 °С в течение 20 минут.

10. После чего следует добавить к осадку 300 мкл ТЕ буфера и 1 мкл РНКазы.

11. Данную смесь следует перемешать на вортексе и инкубировать на термостате 1 час при температуре 37 °С.

12. Добавить 100 мкл 10М ацетата аммония и 1000 мкл холодного этилового спирта.

13. Перемешать на вортексе и инкубировать при температуре –80 °С в течение 5 минут. Также важно отметить, что при отсутствии морозильника с подобной температурой достаточно поместить смесь на –20 °С на 30 минут.

14. Центрифугировать 10 мин. при 13 000 об/мин.

15. Удалить супернатант и промыть 70 %-м этиловым спиртом объемом 500 мкл.

16. Высушить осадок в пробирках с открытыми крышками в термостате при температуре 37 °С 20 минут до полного испарения этанола.

17. Добавить к осадку 50 мкл ТЕ. Для лучшего растворения ДНК пробирки допускается инкубировать при +3 °С в течение 12 часов.

Применяя данный метод, следует учитывать токсичность β-меркаптоэтанола, и все работы с ним следует проводить строго под вытяжкой. Также к недостаткам ЦТАБ-метода можно отнести продолжительность работы по выделению и трудоемкость процесса. Тем не менее, данный способ хорошо подходит для экстракции тотальной ДНК из растительных тканей, богатых сахарами и фенолами. Несмотря на это, чтобы исключить риск, связанный с токсичностью, в данном исследовании не использовался β-меркаптоэтанол.

Наряду с вышеописанным методом существуют коммерческие наборы для выделения ДНК. Они отличаются в первую очередь скоростью производства и безопасностью использования, а также высоким качеством выделенной ДНК. Конкретно для выделения ДНК из растительных клеток и тканей или грибов представлен набор DNeasy Plant Mini Kit компании QIAGEN. Его преимуществом является отсутствие в необходимости работы с такими веществами, как фенол, хлороформ и β-меркаптоэтанол.

Перед началом работы необходимо разогреть термостат до 65 °С. В буфер AW1 и буфер AW2 необходимо добавить требуемое количество этанола. В случае появления осадка в бу-

ферах AW1 и AP1 следует растворить его путем аккуратного перемешивания. Все шаги с центрифугированием необходимо выполнять при комнатной температуре (15–25 °С).

Методика состоит в следующем:

1. Раздробить образцы листьев или других растительных тканей (< 100 мг сырой массы или ≤ 20 мг лиофилизированной ткани), используя TissueRuptor, TissueLyser II или ступку и пестик.

2. Добавить 400 мкл буфера AP1 и 4 мкл РНКазы А. Перемешать на вортексе и инкубировать в течение 10 минут при 65 °С. Перемешивать содержимое пробирки 2–3 раза во время инкубации.

3. Прилить 130 мкл буфера Р3. Перемешать и инкубировать в течение 5 минут на льду.

4. После чего нужно центрифугировать лизат в течение 5 мин на скорости 20000 об/мин.

5. Затем перенести верхнюю фазу в спин-колонку QIAshredder, находящуюся в прозрачной пробирке для сбора без крышки объемом 2 мл. Центрифугировать в течение 2 мин на скорости 20000 об/мин.

6. Аккуратно перенести жидкость, образовавшуюся под колонкой, в новую пробирку, не допуская встряхивания. К жидкости добавить 1,5 объема буфера AW1 и перемешать на вортексе.

7. Перенести 650 мкл смеси в спин-колонку DNeasy Mini, помещенную в пробирку объемом 2 мл. Центрифугировать в течение 1 мин на скорости ≥ 6000 об/мин. Повторить этот шаг с оставшимся образцом необходимое количество раз.

8. Поместить спин-колонку в новую пробирку объемом 2 мл. Добавить 500 мкл буфера AW2, центрифугировать в течение 1 мин на скорости ≥ 6000 об/мин. Удалить жидкость, образовавшуюся под колонкой в прозрачной пробирке.

9. После добавить еще 500 мкл буфера AW2. Центрифугировать в течение 2 мин на скорости 20000 об/мин.

10. Перенести спин-колонку в новую пробирку объемом 1,5 мл или 2 мл (следует помнить, что извлекать спин-колонку из пробирки следует осторожно, не допуская контакта с жидкостью, находящейся под ней).

11. Затем добавить 100 мкл буфера АЕ для элюции и инкубировать в течение 5 минут при комнатной температуре (15–25 °С). После ин-



кубации центрифугировать в течение 1 мин на скорости 6000 об/мин.

12. Еще раз повторить 11-й шаг.

Как можно заметить по методике, способ выделения ДНК набором DNeasy Plant Mini Kit прост и занимает гораздо меньше времени, что является преимуществом. Тем не менее, он не самый дешевый, что можно рассматривать как его недостаток.

Очевидно, что это лишь малая часть от огромного множества существующих на сегодняшний день способов получения нуклеиновых кислот. В распоряжении ученых, помимо вышеперечисленных методов, имеется большое количество других коммерческих наборов, например, «набор для выделения геномной ДНК из клеток и тканей» компании Биолабмикс или же набор Maxwell® RSC Plant DNA Kit, представленный компанией Promega. Конечно же, также имеются и вариации различных способов, подразумевающих под собой самостоятельное предварительное приготовление реактивов для работы. Таковыми являются стандартный способ фенол-хлороформной экстракции [21] или, к примеру, метод, описанный К. Эдвардсом, С. Джонстоном и С. Томпсоном [24].

Для проверки результатов выделения ДНК как методом ЦТАБ, так и набором DNeasy Plant

Mini Kit, нами был проведен электрофорез в 2%-м агарозном геле в ТАЕ буфере, приготовленном следующим образом [12]:

1. Необходимо взять навеску агарозы массой 1 г и поместить в плоскодонную колбу.
2. Прилить буфер ТАЕ объема 500 мкл и хорошо перемешать.
3. Добавить 5 мкл бромистого этидия.
4. Примечание: все работы с бромистым этидием необходимо проводить только в перчатках.
5. После того, как все компоненты смешаны, колбу необходимо нагревать до полного растворения агарозы в буфере.

6. Снять колбу с колбонагревателя, залить готовый раствор агарозы на подложку для геля с гребенками и дать застыть.

Когда агароза полностью застынет, аккуратно вытащить гребенки из геля и поместить пластину в камеру для электрофореза.

Как было сказано ранее, нами была выделена ДНК из листьев винограда, с помощью ЦТАБ метода с добавлением β-меркаптоэтанола, и набором QIAGEN. Для проверки результатов мы провели электрофорез тотальной ДНК в 2%-м агарозном геле. Результаты представлены в Приложении 1 и на рисунке 1.

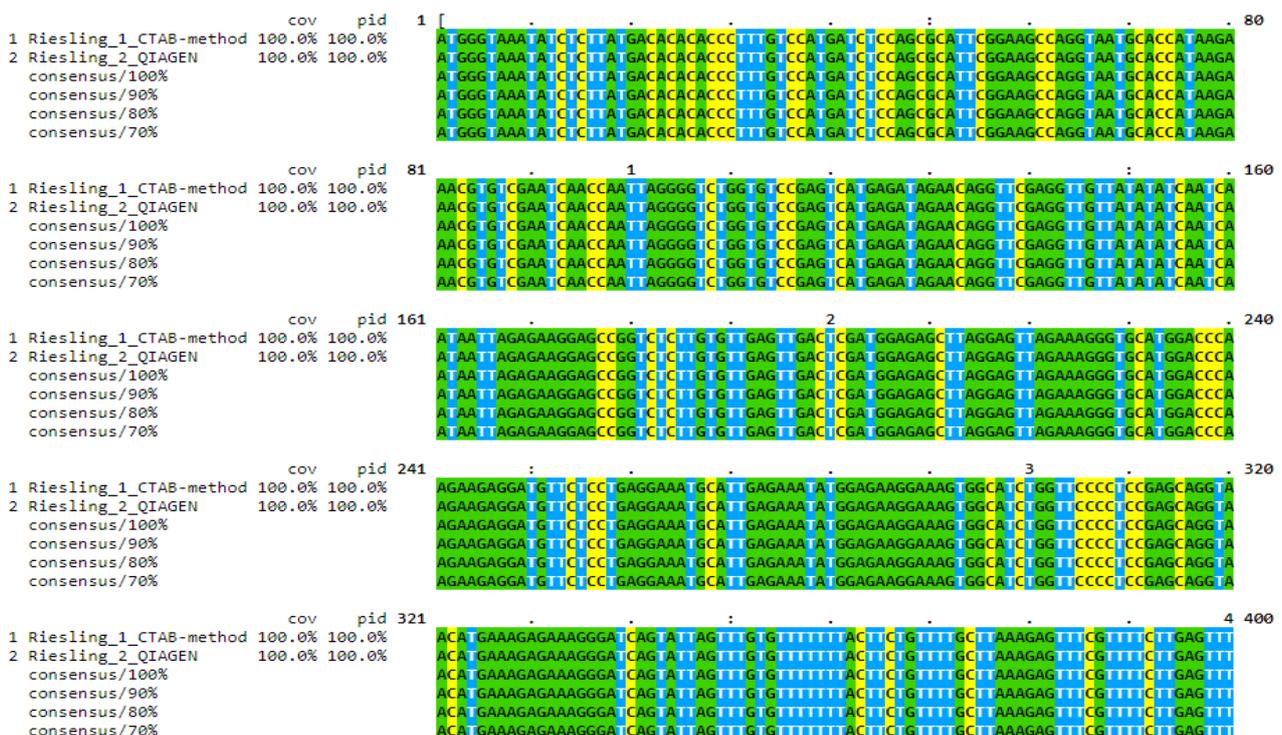


Рис. 1. Сравнение полученных сиквенсов при помощи программы Clustal Omega

На фотографии видно, что ДНК ярко проявилась в процессе электрофореза в агарозном геле. После чего для проверки результатов выделения ДНК была проведена ПЦР-реакция с использованием маркеров, направленных на выявление аллелей гена *VvMybA1*. Результаты изображены в Приложении 1 (рис. 2).

На рисунке 2 Приложения 1 видно, что в ДНК-бэнды появились в ожидаемом диапазоне, соответствующем размеру аллели примерно в 850 п.н. После чего ДНК-бэнды были вырезаны из геля, экстрагированы, очищены и секвенированы. Результаты секвенирования приведены ниже в виде последовательности нуклеотидов (Приложение 2).

После этого был проведен поиск последовательностей в базе данных NCBI, что выявило у обоих испытуемых образцов 100%-е совпадение с последовательностями геномов, экспрессия аллелей которых заблокирована присутствием ретротранспозона *Gret-1*. Как известно, такое же состояние аллели было обнаружено у сорта Бенитака, который, несмотря на это, имеет окрашенную ягоду [4]. Тем не менее, известно, что этот сорт является гетерозиготным и несет в своем геноме также и нефункциональную аллель, сходство с которой и было обнаружено во время анализа. Далее для проверки сиквенсов было проведено их сравнение в программе Clustal Omega. Результаты, получившиеся в ходе проверки, свидетельствуют о том, что оба способа выделения, ЦТАБ и набор компании QIAGEN, способны в одинаковой мере хорошо экстрагировать нуклеиновые кислоты из растительных тканей, в частности из листьев винограда (рис. 1).

Как можно отметить из Приложения 2, последовательности являются идентичными на 100%, что в свою очередь свидетельствует о том, что методы, которые применялись при выделении ДНК, абсолютно никак не отразились на реакции ПЦР, а следовательно, не повлияли на качество амплифицируемого фрагмента. Как можно видеть по результатам проверки, были получены высококачественные сиквенсы, выделенные из одного образца при помощи двух разных методов экстракции ДНК. Такие данные демонстрируют тот факт, что различия между примененными методами заключаются в основном в скорости, безопасности и стоимости, и именно поэтому могут быть с одинаковым успехом использованы в научных исследованиях.

Выводы

Проведено сравнение методов ЦТАБ и коммерческого набора для выделения ДНК из растительных клеток и тканей DNeasy Plant Mini Kit. При получении генетического материала из листьев винограда были получены нуклеиновые кислоты высокой степени качества. Выявлены достоинства и недостатки каждого из методов. Например, выделение коммерческим набором существенно экономит время, затраченное на процесс получения ДНК, а также исключает необходимость работы с агрессивными и потенциально опасными для здоровья веществами, но требует затрат денежных средств и дополнительного оборудования (для замораживания и дробления тканей), тогда как метод ЦТАБ очень гибок и позволяет оптимизировать себя под разные требования. Также он сравнительно дешев и достаточно прост в применении. Проведенный ПЦР-анализ показал факт наличия амплифицированных фрагментов ДНК в ожидаемом диапазоне, который соответствует размеру аллели в 850 п.н. Последующее секвенирование показало, что были получены абсолютно идентичные последовательности генов, выделенных разными способами, что доказывает состоятельность как метода ЦТАБ, так и коммерческого набора DNeasy Plant Mini Kit. Полученные результаты оказались удовлетворительными по результатам их проверки с использованием NCBI BLAST. Безусловно, существует множество альтернатив предложенным методам, однако именно они хорошо подходят для выделения ДНК конкретно из листьев винограда.

Список литературы

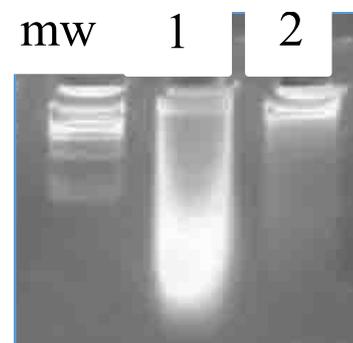
1. Abdel-Latif A., Osman G. Comparison of three genomic DNA extraction methods to obtain high DNA quality from maize. *Plant Methods*. 2017. Dec. № 13 (1). P. 1.
2. Allan A. C., Hellens R. P., Laing W. A. MYB transcription factors that colour our fruit. *Trends in plant science*. 2008. Mar. 1. № 13 (3). P. 99–102.
3. *VvmybA1* genotype determines grape skin color / A. Azuma [et al.] // *VITIS-GEILWEILER-HOF*. 2007. Jan. 1. № 46 (3). P. 154.
4. Color recovery in berries of grape (*Vitis vinifera* L.) 'Benitaka', a bud sport of 'Italia', is caused by a novel allele at the *VvmybA1* locus / A. Azuma [et al.] // *Plant Science*. 2009. T. 176. № 4. С. 470–478.



5. Clydesdale F. M. Color as a factor in food choice // *Critical reviews in food science and nutrition*. 1993. Jan. 1. № 33 (1). P. 83–101.
6. Characterization of a grapevine R2R3-MYB transcription factor that regulates the phenylpropanoid pathway / L. Deluc [et al.] // *Plant physiology*. 2006. Feb. 1. № 140 (2). P. 499–511.
7. MYB transcription factors in Arabidopsis / C. Dubos [et al.] // *Trends in plant science*. 2010. Oct. 1. № 15 (10). P. 573–581.
8. Regulation of the anthocyanin biosynthetic pathway by the TTG1/bHLH/Myb transcriptional complex in Arabidopsis seedlings / A. Gonzalez, M. Zhao, J. M. Leavitt, A. M. Lloyd // *The Plant Journal*. 2008. Mar. № 53 (5). P. 814–827.
9. Jaakola L. New insights into the regulation of anthocyanin biosynthesis in fruits // *Trends in plant science*. 2013. Sep. 1. № 18 (9). P. 477–483.
10. NCBI BLAST: a better web interface / M. Johnson [et al.] // *Nucleic acids research*. 2008. Apr. 24. № 36 (suppl_2). P. 5–9.
11. High quality genomic DNA extraction protocol from Litchi (*Litchi chinensis* Sonn) / S. Kumar, M. Muthukumar, R. Kumar, A. Bajpai // *Plant Arch*. 2012. № 12. P. 1109–1113.
12. Agarose gel electrophoresis for the separation of DNA fragments / P. Y. Lee [et al.] // *JoVE (Journal of Visualized Experiments)*. 2012. №. 62. C. 3923.
13. Engineering the anthocyanin regulatory complex of strawberry (*Fragaria vesca*) / K. Lin-Wang [et al.] // *Frontiers in plant science*. 2014. Nov. 19. № 5. P. 651.
14. Ancient plant DNA in lake sediments / L. Parducci [et al.] // *New Phytologist*. 2017 May. № 214 (3). P. 924–942.
15. Porebski S., Bailey L. G., Baum B. R. Modification of a CTAB DNA extraction protocol for plants containing high polysaccharide and polyphenol components // *Plant molecular biology reporter*. 1997. Mar. 1. № 15 (1). P. 8–15.
16. Influence of lecithin on mitochondrial DNA and age-related hearing loss / M. D. Seidman, M. J. Khan, W. X. Tang, W. S. Quirk // *Otolaryngology – Head and Neck Surgery*. 2002. Sep. № 127 (3). P. 138–144.
17. An improved chloroplast DNA extraction procedure for whole plastid genome sequencing / C. Shi [et al.] // *Plos one*. 2012. Feb. 22. № 7 (2). P. e31468.
18. Sievers F., Higgins D. G. Clustal omega. *Current protocols in bioinformatics*. 2014. Dec. № 48 (1). P. 3–13.
19. A simple and efficient genomic DNA extraction protocol for large scale genetic analyses of plant biological systems / K. C. Sika [et al.] // *Plant Gene*. 2015. Mar. 1. № 1. P. 43–45.
20. Enhanced protocol for isolation of plant genomic DNA / M. Youssef, R. Valdez-Ojeda, J. R. Ku-Cauich, R. M. Escobedo-Gracia Medrano // *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*. 2015. Dec. № 4 (2). P. 172–180.
21. Эффективные методы выделения нуклеиновых кислот для проведения анализов в молекулярной биологии (обзор) / О. С. Антонова [и др.] // *Научное приборостроение*. 2010. Т. 20. №. 1. С. 3–9.
22. Звягин А. С. Выделение ДНК из гербарных листьев *Vitis vinifera* L. // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2010. №. 58.
23. Рябушкина Н. А., Омашева М. Е., Галиакбаров Н. Н. Специфика выделения ДНК из растительных объектов // *Eurasian Journal of Applied Biotechnology*. 2012. №. 2. С. 9–26.
24. Эдвардс К., Джонстон С., Томпсон С. Простой и быстрый метод получения геномной ДНК растений для анализа ПЦР // *Исследование нуклеиновых кислот*. 1991. Т. 19. №. 6. С. 1349.

Приложения

Приложение 1 – Гель-электрофорезы



1 – ЦТАБ-метод; 2 – DNeasy Plant Mini Kit

Рис. 1. Результаты электрофореза ДНК, выделенной двумя способами

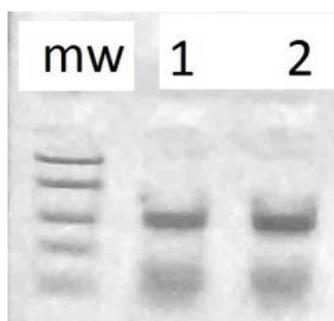


Рис. 2. Электрофоретическое разделение продуктов амплификации ДНК с праймерами VvMybA1

Приложение 2 – ДНК-последовательности

>Riesling_1_CTAB-method

```
ATGGGTAAATATCTCTTATGACACACAC
CCTTTGTCCATGATCTCCAGCGCATTCGGA
AGCCAGGTAATGCACCATAAGAAACGTGT
CGAATCAACCAATTAGGGGTCTGGTGTCCG
AGTCATGAGATAGAACAGGTTTCGAGGTTGT
TATATATCAATCAATAATTAGAGAAGGAGCC
GGTCTCTTGTGTTGAGTTGACTCGATGGAG
AGCTTAGGAGTTAGAAAGGGTGCATGGAC
CCAAGAAGAGGATGTTCTCCTGAGGAAAT
GCATTGAGAAATATGGAGAAGGAAAGTGG
CATCTGGTTCCCCTCCGAGCAGGTAACATG
AAAGAGAAAGGGATCAGTATTAAGTTTGTGT
TTTTTTACTTCTGTTTTGCTTAAAGAGTTTC
GTTTTCTTGAGTTTGCAGGGTTGAATAGAT
GCCGAAAAAGCTGCAGGTTGAGATGGCTC
```

```
AATTATTTGAAGCCGGATATCAAGAGAGGA
GAGTTTGCATTAGACGAGGTTGATCTCATG
ATTAGGCTTCACAATTTGTTGGGGAACAGG
CAAGTCTATAATAACTCAAGTACTAGCTTG
ATAATGATATTAGGACGTTAAACAGCTTTGC
AGAATGTTGAACCCTATCGTTCAGTTTATA
CGTTAGGTGATGTTACGCGAATTAGAATG
```

>Riesling_2_QIAGEN

```
ATGGGTAAATATCTCTTATGACACACAC
CCTTTGTCCATGATCTCCAGCGCATTCGGA
AGCCAGGTAATGCACCATAAGAAACGTGT
CGAATCAACCAATTAGGGGTCTGGTGTCCG
AGTCATGAGATAGAACAGGTTTCGAGGTTGT
TATATATCAATCAATAATTAGAGAAGGAGCC
GGTCTCTTGTGTTGAGTTGACTCGATGGAG
AGCTTAGGAGTTAGAAAGGGTGCATGGAC
CCAAGAAGAGGATGTTCTCCTGAGGAAAT
GCATTGAGAAATATGGAGAAGGAAAGTGG
CATCTGGTTCCCCTCCGAGCAGGTAACATG
AAAGAGAAAGGGATCAGTATTAAGTTTGTGT
TTTTTTACTTCTGTTTTGCTTAAAGAGTTTC
GTTTTCTTGAGTTTGCAGGGTTGAATAGAT
GCCGAAAAAGCTGCAGGTTGAGATGGCTC
AATTATTTGAAGCCGGATATCAAGAGAGGA
GAGTTTGCATTAGACGAGGTTGATCTCATG
ATTAGGCTTCACAATTTGTTGGGGAACAGG
CAAGTCTATAATAACTCAAGTACTAGCTTG
ATAATGATATTAGGACGTTAAACAGCTTTGC
AGAATGTTGAACCCTATCGTTCAGTTTATA
CGTTAGGTGATGTTACGCGAATTAGAATG
```

Миндиарова Виктория Олеговна, студент, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина».

E-mail: vika-2000m@mail.ru.

Савенкова Дарья Сергеевна, студент, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина».

E-mail: dasha_19.99s@mail.ru.

Филиппова Юлия Олеговна, студент, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина».

E-mail: julphi@mail.ru.

Милованов Александр Валериевич, канд. биол. наук, научный сотрудник, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина».

E-mail: milovanov1991@mail.ru.

Трошин Леонид Петрович, д-р биол. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина».

E-mail: lptroshin@mail.ru.

* * *

УДК 631.3.043:628.5

**ПОВЫШЕНИЕ КОМФОРТНОГО СОСТОЯНИЯ
ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ НАЗЕМНЫХ
ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН ОПТИМИЗАЦИЕЙ
ТЕМПЕРАТУРНОГО ЭНЕРГОБАЛАНСА МИКРОКЛИМАТА****Ю. И. Аверьянов, К. В. Глемба, А. В. Гриценко**

Существующие кабины наземных транспортно-технологических машин для достижения повышенной обзорности имеют большую поверхность остекления. В теплый период года это приводит к увеличению теплопритока за счет солнечной инсоляции. В связи с этим возникает проблема, вызванная, с одной стороны, необходимостью повышенной обзорности кабины, с другой – снижением теплового воздействия от солнечной инсоляции на организм человека. Были поставлены задачи в области теоретических и экспериментальных исследований, направленных на обоснование конструктивных и режимных параметров локального терморегулирующего устройства для кабин наземных транспортно-технологических машин. Теоретически определена функциональная зависимость, связывающая конструктивные и режимные параметры предлагаемого устройства, определены конструктивные ограничения. Описывается методика экспериментальных исследований для изучения процесса формирования комфортного теплового состояния человека-оператора транспортно-технологических машин как в стандартных условиях, так и при воздействии разработанного терморегулирующего устройства. Экспериментально подтверждена связь между его конструктивными параметрами (между шагом и диаметром трубок) для различных задаваемых значений процесса теплосъема, температуры жидкости, толщины пакета одежды и температуры поверхности тела человека-оператора. Получены зависимости между показателями теплового состояния человека-оператора и параметрами терморегулирующего устройства в виде изменения удельного теплосодержания человека, что позволило оптимизировать конструктивные параметры. Определены оптимальные значения плотности мощности теплового потока (268 Вт/м^2) кондуктивной панели устройства с учетом нормативного значения скорости повышения температуры тела человека-оператора ($2 \text{ }^\circ\text{C}$ в час), при которой будут обеспечиваться комфортные условия работы в кабине мобильной машины. Исследовано влияние массы тела и роста человека-оператора на изменение параметра плотности мощности теплового потока. При заданных ограничениях эксперимента выявлена оптимальная мощность теплового потока от поверхности предлагаемого устройства ко всей поверхности тела человека-оператора, которая составила 486 Вт при средних значениях массы тела и роста (соответственно, 70 кг и $1,7 \text{ м}$).

Ключевые слова: термокомфортность; микроклимат; кондукция; терморегуляция; тепловые ощущения и содержание; тепловое состояние организма; мощность теплового потока.

Одним из наиболее важных направлений при определении путей улучшения условий термокомфортности человека-оператора в кабинах транспортно-технологических машин (ТТМ) в холодные и теплые периоды года является выбор систем и средств нормализации микроклимата [1, 2]. В настоящее время существует большое количество типов систем и средств обеспечения термокомфортности человека и их классификаций. Это затрудняет их анализ в отношении возможности их использования в помещениях малого замкнутого объема, например, в кабинах ТТМ. В анализируемых исследованиях отсутствуют также единые классификационные признаки, по которым можно

было бы эти системы и средства систематизировать [3]. Необходимость в их систематизации диктуется необходимостью решения ряда организационных и технических задач, связанных с компоновкой и использованием эффективных систем и средств. В частности, использование тепловой защиты для кабин затруднено снижением обзорности [4]. Вентиляция и кондиционирование кабин сдерживается в результате имеющихся у них существенных недостатков, таких как высокая энергопотребляемость и себестоимость, возможность вредного воздействия на организм человека [5].

Следует предположить, что подсистема «машина» должна обеспечивать не только

техническую, но и психофизиологическую безопасность, например, создавать комфортные условия для труда человека-оператора ТТМ, в результате чего он будет меньше совершать ошибок [6, 7, 8].

Характер и степень снижения работоспособности человека определяются тепловым состоянием его организма и его тепловым содержанием [9, 10]. Процесс формирования теплового состояния организма (ТСО) изучается в различных сферах и условиях деятельности человека при решении различных научно-практических задач, связанных одной целью – повышение работоспособности путем обеспечения термокомфортности организма человека. В охлаждающем микроклимате причиной снижения работоспособности может быть увеличение массы одежды. Холод оказывает негативное влияние на деятельность сердечно-сосудистой системы, и при длительном его воздействии на организм развивается вегето-сосудистая дистония, обостряя хронические заболевания [2]. Воздействие тепла на организм человека в условиях нагревающего микроклимата также приводит к снижению его защитных сил и резервных возможностей организма [1].

Основным методологическим подходом в исследовании процесса формирования ТСО является математическое моделирование и экспериментальные исследования теплового баланса организма человека [11, 12]. Это возможно как за счет нормирования параметров микроклимата на основе изучения механизма терморегуляции, так и разработки, сравнения и выбора наиболее эффективных технических систем обеспечения комфортных параметров [13].

Изучением микроклимата в кабинах ТТМ занимаются как физиологи, гигиенисты и врачи, так и специалисты инженерно-технического профиля, взяв за основу влияние параметров микроклимата на ТСО человека [14, 15]. В связи с разными целями исследований существуют разные подходы к оценке термокомфортности микроклимата.

Разработка методов оценки термокомфортности микроклимата проводится в трех направлениях:

- построение температурных шкал и индексов [3];
- конструирование специальных приборов-аналогов тела человека [11, 12, 16];
- теоретический анализ теплового баланса человека [10, 17].

В настоящее время для оптимизации температурного энергобаланса микроклимата наземных ТТМ применяются высокопроизводительные системы кондиционирования воздушной среды кабин, однако они дорогостоящие и энергозатратные, имеющие в конструкции подвижные элементы, которые в условиях вибрации и ударных процессов не совсем надежны [1–5, 10–12].

Решение задач обеспечения термокомфортного состояния человека-оператора в кабинах ТТМ является достаточно сложной проблемой. Устройство искусственного микроклимата должно отвечать требованиям простоты конструкции, невысокой стоимости изготовления, возможности обслуживания персоналом низкой квалификации, безопасности [4, 5, 7]. Поэтому теоретическое и экспериментальное обоснование инновационного терморегулирующего устройства локального типа является актуальной областью исследований, требующей специального рассмотрения.

Теоретические исследования

Термокомфортность человека является одним из основных факторов, характеризующих условия производственной среды, самочувствие и здоровье, степень удовлетворенности трудом и работоспособность. Доказано, что между температурным режимом и работоспособностью человека существует высокий уровень корреляции [9, 10]. В настоящее время экспериментальными исследованиями однозначно установлено отрицательное влияние неблагоприятных микроклиматических условий на производительность труда человека [17].

В условиях теплого периода года при отсутствии кондиционеров или охладителей другого типа температура воздуха в кабинах ТТМ может значительно превышать температуру наружного воздуха, в основном за счет солнечной радиации [1]. Естественно, параметры микроклимата далеки от допустимых в районах с высокими и умеренно высокими температурами в дневное время теплого периода года. Частичное снижение температуры воздуха в кабине за счет естественной вентиляции ведет к увеличению скорости движения воздуха и накоплению в нем пыли [2]. Все научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки по созданию и совершенствованию систем и средств обеспечения термокомфортности человека



должны проводиться с учетом современных социально-экономических и санитарно-гигиенических требований, предъявляемых к обеспечению термокомфортности человека. При этом определены два направления: способ реализации и конструктивное решение [14, 15].

При исследовании термокомфортности операторов ТТМ ученые делают акцент на параметрах нормализации условий микроклимата в кабинах. Ряд работ посвящен оценке тепловой нагрузки на кабину ТТМ за счет теплопритоков различного происхождения [1, 2]. Эти исследования позволяют выбирать из предлагаемых технических решений наиболее рациональные, с точки зрения уменьшения теплопритока, снижая экономические и энергетические затраты на кондиционирование воздуха. Количественные характеристики теплопритоков в кабину ТТМ в работах различных авторов довольно значительно отличаются друг от друга [1–5, 10–12]. Из результатов исследований известно, что теплопоступления от суммарной радиации через ограждения кабины составляют 62...79% от суммарного теплового потока, 8...15% от тепловыделения двигателя и трансмиссии, 3...8% от гидросистемы и электрооборудования и 10...15% от человека. Поэтому кондуктивный теплообмен организма человека с контактирующими поверхностями и средствами обеспечения термокомфортности организма человека заслуживает серьезного изучения.

На основе теоретических исследований были определены основные факторы, влияющие на процесс формирования ТСО человека. Изложенные соображения позволяют утверждать, что для всесторонней оценки ТСО человека необходимо определить:

- температурный режим организма по данным измерения температуры тела и поверхности кожи [1, 2];
- тепловое ощущение на основе опроса человека [18];
- параметры микроклимата: температуру, влажность и подвижность воздушной среды [10, 17].

Исследования в области ТСО человека и его тепловых ощущений утверждают, что температура тела (температура «ядра») в значительной степени является отражением теплосодержания организма [4, 5]. При температуре тела 36,8...37,0 °С человек, находящийся в состоянии относительного физического покоя, оцени-

вает свои теплоощущения, соответственно, как «холодно» и «прохладно». Температура 37,6 °С является в этом случае признаком существенного перегревания организма. Предельной физиологической величиной в состоянии относительного физического покоя является температура тела 38 °С. Предельной физиологической величиной охлаждения является ректальная температура – 35,8 °С [Р.Ф. Афанасьев].

Учеными доказано существование зависимости между уровнем температуры кожи и термическими условиями среды, причем определена тесная корреляционная связь с тепловыми ощущениями, что позволяет считать температуру тела одним из существенных информативных показателей ТСО [В.С. Кощев и Е.И. Кузнец].

Выявлено, что теплосодержание в организме человека является величиной, производной от средней температуры тела и теплоемкости тканей организма. При этом ее изменение по отношению к комфортному уровню и есть дефицит тепла в теле человека. Дефицит тепла является положительной величиной, если теплоотдача превышает теплообразование, и является отрицательной, если теплообразование выше теплоотдачи, то есть наступает состояние «накопления тепла». В таблице 1 приведены величины дефицита и накопления тепла, соответствующие различным тепловым ощущениям человека [С.М. Городинский, Е.И. Кузнец и И.И. Малкиман].

Исследование процесса отвода тепла с применением активной системы терморегулирования предполагает контроль показателей

Таблица 1 – Дефицит и накопление тепла в теле человека и его теплоощущения

Теплоощущения	кДж	ккал
Дефицит тепла		
Комфорт	до 121	29
Прохладно	203	50
Холодно	450	110
Очень холодно	740	176
Накопление тепла		
Очень жарко	344	более 80
Жарко	до 344	до 80
Тепло	до 208	до 50
Комфорт	до 121	до 29

теплосъема на участках поверхности сиденья в зоне контакта тела человека [18]. Это стало возможным при использовании разработанного авторами локального терморегулирующего устройства (ЛТУ). Оно представляет собой теплообменный аппарат, отличающийся от традиционных условиями применения, геометрией и материалами и расположения в зоне контакта тела человека с поверхностью спинки и подушки сиденья кабины ТТМ [13]. Схематика расположения элементов и узлов ЛТУ представлена на рисунке 1.

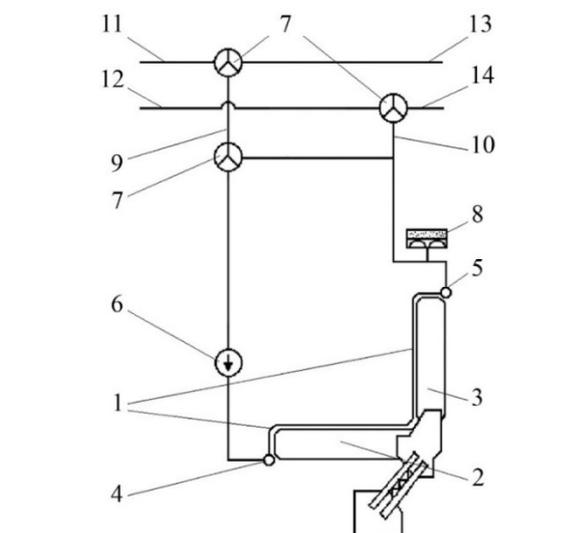
На рисунке 2 показана схема теплопроводящих элементов ЛТУ в зоне контакта. В первом варианте (рис. 2 а) тепло отводится при условии существования временного вентиляционного зазора между поверхностью спинки сиденья и тела человека. Во втором варианте (рис. 2 б) тепло отводится при отсутствии вентиляционного зазора, то есть при плотном контакте между поверхностью подушки сиденья и телом человека [13].

Как видно из рисунка, картина тепловых потоков достаточно сложна. При этом тепло от одной поверхности к другой переносится за счет теплопроводности, конвекции, излучения,

а также за счет массообмена, то есть испарения влаги с теплых и конденсации ее на холодных поверхностях. Теплоотдача в зоне контакта тела человека с элементами жидкостных систем локального терморегулирования требует дальнейшего изучения.

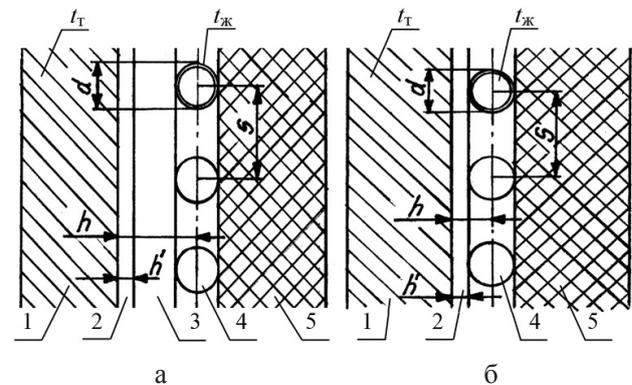
Особенностью работы ЛТУ является тот факт, что мощность его теплового потока должна формироваться с учетом избытка (или недостатка) тепла в организме человека, выражаемого величиной теплового потока от тела к ЛТУ (или наоборот). Устройство должно обеспечивать регулировку прироста или спада средней (внутренней) температуры тела на величину около $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ за один час. Такая скорость была принята как заданная с учетом стандартной скорости спада температуры тела человека. Основная доля теплового потока между поверхностью тела человека и терморегулирующими устройствами, аналогом которых является ЛТУ, приходится на теплопроводность через одежду и стенки трубок [13, 18].

Поскольку система «оператор-кабина» относится к разряду сложных, слабо организованных, стохастических систем, то одного лишь теоретического обоснования параметров ЛТУ явно недо-



1 – съемный чехол; 2 – подушка; 3 – спинка;
4, 5 – соответственно коллектор входа и выхода;
6 – насос; 7 – регулятор расхода жидкости;
8 – гидроаккумулятор; 9, 10 – гибкие трубки;
11, 12, 13, 14 – соответственно трубки выхода
и входа теплового и хладагрегата

Рис. 1. Схема экспериментального образца локального терморегулирующего устройства



1 – тело человека; 2 – пакет одежды; 3 – воздушный зазор; 4 – рабочие элементы (трубки) ЛТУ;
5 – спинка или подушка сиденья

Рис. 2. Схема теплопроводящих элементов ЛТУ в зоне контакта с телом человека:
а – при существовании вентиляционного зазора и условия $t_{\text{т}} > t_{\text{ж}}$; б – при существовании плотного контакта и условия $t_{\text{т}} > t_{\text{ж}}$ ($t_{\text{т}}$, $t_{\text{ж}}$ – температура тела и жидкости (воды) в трубках, $^{\circ}\text{C}$;
 d , S – соответственно, внешний диаметр и шаг трубок, м; h , h' – соответственно, расстояние от тела до центра трубок и толщина пакета одежды, м



стагодно. С учетом сказанного рассчитаем мощность теплового потока кондуктивной панели (КП) – модуля ЛТУ с контактной поверхностью множества трубок, наполненных жидкостью.

Под показателями мощности теплового потока КП будем понимать величины, характеризующие необходимое значение теплосъема в единицу времени, в первую очередь потребную плотность мощности теплового потока с поверхности тела человека, с точки зрения обеспечения его комфортных теплоощущений и теплосодержания, и полную мощность теплового потока [14, 15]. Данные показатели будут определяться также и параметрами тела человека (ростом и массой тела), а комфортные условия – допустимой скоростью спада средней температуры тела человека.

Поскольку аналитические выражения всех тепловых потоков громоздки, ограничимся рассмотрением некоторых уравнений теплового баланса непосредственно на поверхности тела человека в зоне его контакта с КП (в режиме обогрева) [14, 15]:

$$Q_{\text{ч}} = Q_{\text{в.в.-о-т}} + Q_{\text{ж-о-т}} \quad (1)$$

где $Q_{\text{ч}}$ – тепловое содержание организма человека, Вт·ч;

$Q_{\text{в.в.-о-т}}$, $Q_{\text{ж-о-т}}$ – соответственно, теплота, которая передается от вентилируемого воздуха и жидкости (воды) КП через одежду к телу человека, Вт·ч;

Далее, для тепловых потоков запишем:

$$P_{\text{ч.т}} = P_{\text{в.в.-о-т}} + P_{\text{ж-о-т}} \quad (2)$$

где $P_{\text{ч.т}}$ – тепловой поток к телу человека, Вт;

$P_{\text{в.в.-о-т}}$, $P_{\text{ж-о-т}}$ – соответственно, тепловые потоки от вентилируемого воздуха и жидкости КП через одежду к телу человека, Вт.

Переходя к средним значениям, уравнения (1) и (2) можно записать в следующем виде:

$$P_{\text{в.в.-о-т}} = \alpha_{\text{в.в.}} (t_{\text{в.в.}} - t_{\text{т}}) F_{\text{кп}} \quad (3)$$

где $\alpha_{\text{в.в.}}$ – осредненный коэффициент теплообмена от вентилируемого воздуха к телу человека, Вт/(м²·°C);

$F_{\text{кп}}$ – площадь периметра контакта КП с поверхностью тела человека, м²;

$$P_{\text{ж-о-т}} = k_{\text{ж}} (t_{\text{ж}} - t_{\text{т}}) L_{\text{сум}} \quad (4)$$

где $k_{\text{ж}}$ – осредненный локальный коэффициент теплопередачи от жидкости КП к телу, отнесенный к единице длины трубок, Вт/(м·°C);

$L_{\text{сум}}$ – суммарная длина трубок КП, контактирующих с телом, м.

Из уравнения теплового баланса (2) необходимое количество тепла, подводимого теплоносителем КП, составит:

$$P_{\text{ж-о-т}} = P_{\text{кп}} = G_{\text{ж}} C_{\text{ж}} (t_{\text{ж.вх}} - t_{\text{ж.вых}}), \quad (5)$$

где $P_{\text{кп}}$ – тепловой поток от КП, Вт;

$G_{\text{ж}}$ – массовый расход жидкости в КП, кг/ч;

$C_{\text{ж}}$ – теплоемкость жидкости в КП, Вт·ч/(кг·°C);

$t_{\text{ж.вх}}$, $t_{\text{ж.вых}}$ – соответственно, температура жидкости КП на входе и выходе, °C.

В уравнениях баланса (1) и (2) отсутствуют перегрев или переохлаждение тела человека. В случае наличия переохлаждения тела левая часть уравнения (2) требует корректировки. Она может принять следующий вид:

$$\Delta P_{\text{ч.т}} = C_{\text{ч}} M_{\text{ч}} \cdot \Delta t_{\text{т.ср}} / \Delta \tau, \quad (6)$$

где $\Delta P_{\text{ч.т}}$ – дефицит теплового потока к телу человека, Вт;

$C_{\text{ч}}$ – удельная теплоемкость тела человека, Вт·ч/(кг·°C);

$M_{\text{ч}}$ – масса тела человека, кг;

$\Delta t_{\text{т.ср}} / \Delta \tau$ – изменение средней температуры тела человека в целом за определенный период времени, °C/ч.

Теплоотдача в зоне контакта тела человека с элементами КП в режиме обогрева требует дальнейшего изучения. Аналитическое решение затруднено неопределенностью многих исходных параметров: распределения по поверхности тепловыделений, распределения потоков воздуха в зоне вентиляционного зазора и т.п. При оценке теплопередачи от вентилируемого воздуха к телу человека наибольшие трудности вызывает определение коэффициента теплообмена $\alpha_{\text{в.в.}}$ [Г.В. Бавро]. В то же время имеется большое количество экспериментальных данных по коэффициентам теплоотдачи, весьма разнообразных по условиям проведения экспериментов. Попытка обобщения этих данных в виде эмпирических зависимостей сделана в работе [Н.Г. Ландо], где принято, что коэффициент теплоотдачи $\alpha_{\text{в.в.}}$ при умеренных величинах вентиляции приблизительно равен

5...7 (Вт/м²·°C). В нашем случае такой подход оправдан также тем, что при применении КП (в режиме обогрева) основное количество тепла к телу подводится жидкостью.

С учетом формул (3) и (4) запишем уравнение (2) в развернутом виде с учетом показателя $\Delta P_{ч.т}$:

$$C_{ч} M_{ч} \cdot \Delta t_{т.ср} / \Delta \tau = \alpha_{в.в} (t_{в.в} - t_{т}) F_{кп} + G_{ж} C_{ж} (t_{ж.вх} - t_{ж.вых}). \quad (7)$$

В уравнении (6) такие величины, как $C_{ч}$, $M_{ч}$, $\alpha_{в.в}$, $F_{кп}$, $C_{ж}$ в определенных пределах приемлем постоянными.

С учетом принятых ограничений уравнение (7) можно представить в виде:

$$a_1 \Delta t_{т.ср} / \Delta \tau = a_2 \cdot a_3 (t_{в.в} - t_{т}) + a_4 G_{ж} (t_{ж.вх} - t_{ж.вых}), \quad (8)$$

где $a_1 \dots a_4$ – постоянные коэффициенты, ед.

Из уравнения (8) следует, что наиболее эффективно осуществлять процесс формирования термокомфортности оператора возможно за счет изменения параметров температуры жидкости ($t_{ж.вх}$) на входе в КП или величины расхода ($G_{ж}$) теплоносителя в ней.

Многие исследователи утверждают, что терморегулирующие устройства должны обеспечивать регулировку прироста или спада средней (внутренней) температуры тела на величину порядка 2 °C за один час [В.М. Залетаев, Г.А. Иванов, В.С. Кошечев, А.Ю. Нефедов, С.Г. Саливон]. Такую скорость примем как заданную, или нормативную, скорость спада температуры тела человека.

Задачи исследований и обоснование

Задачи исследований предусматривали получение зависимостей:

- между показателем теплового состояния (или теплоощущением) человека-оператора и параметрами микроклимата в кабинах ТТМ;
- изменения показателей теплового состояния организма (теплосодержания и теплоощущения) человека-оператора от параметров и режимов работы ЛТУ.

Основной задачей планирования эксперимента являлось нахождение математической зависимости параметров оптимизации процесса формирования теплового состояния организма человека-оператора ТТМ. Параметры микроклиматических условий в помещениях малого

замкнутого объема в значительной степени влияют на физиологическое и психологическое состояние человека, которое проявляется в том или ином тепловом состоянии организма. Поскольку тепловое состояние организма может быть оценено тепловым ощущением ($S_{ч}$) и тепловым содержанием ($Q_{ч}$), то ими же могут быть оценены как параметры и факторы среды, так и физиологические показатели оператора [13]. На основании такого заключения можно утверждать, что тепловое состояние является показателем, в котором выражается связь между параметрами и факторами среды и соответствующими показателями теплового содержания организма человека-оператора.

Показатель теплового ощущения ($S_{ч}$) характеризует как параметры (температуру, влажность и скорость движения воздуха, температуру поверхности ограждений и сиденья), так и факторы среды (категорию тяжести труда и теплозащитные свойства одежды). Его можно представить в следующем виде [8, 13]:

$$S_{ч} = F_1(t_{в}, \varphi_{в}, \omega_{в}, t_{п}, Q_{мех}, \Delta_{од}), \quad (9)$$

где $S_{ч}$ – тепловое ощущение человека, балл;

F_1 – символ функциональной зависимости;

$t_{в}$ – температура воздуха, °C;

$\varphi_{в}$ – относительная влажность воздуха, %;

$\omega_{в}$ – скорость движения воздуха, м/с;

$t_{п}$ – температура поверхности ограждений, °C;

$Q_{мех}$ – энергия, затрачиваемая на выполнение механической работы, Вт;

$\Delta_{од}$ – теплозащитное свойство одежды, clo.

Показатель $Q_{ч}$, характеризующий физиологические показатели оператора (температуру тела, кожи и ректальную, удельную теплоемкость и массу тела человека), можно представить в следующем виде:

$$Q_{ч} = F_2(t_{т}, t_{к}, t_{р}, C_{ч}, M_{ч}), \quad (10)$$

где $Q_{ч}$ – тепловое содержание организма человека, Вт·ч;

F_2 – символ функциональной зависимости;

$t_{т}$ – температура тела человека, °C;

$t_{к}$ – температура кожи человека, °C;

$t_{р}$ – ректальная температура тела человека, °C;

$C_{ч}$ – удельная теплоемкость тела человека, Вт·ч/(кг·°C);

$M_{ч}$ – масса тела человека, кг.



Из выражений (9) и (10) видно: либо значения комплекса параметров и факторов среды опираются на выявленные реакции организма (тепловые ощущения), либо наоборот, комплекс физиологических показателей так или иначе связан с параметрами и факторами среды.

На основании этого можно предложить следующую взаимосвязь:

$$S_{\text{ч}} \leftrightarrow Q_{\text{ч}} \text{ или } F_1(t_{\text{в}}, \varphi_{\text{в}}, \omega_{\text{в}}, t_{\text{п}}, Q_{\text{мех}}, \Delta_{\text{од}}) \leftrightarrow F_2(t_{\text{т}}, t_{\text{к}}, t_{\text{р}}, C_{\text{ч}}, M_{\text{ч}}). \quad (11)$$

Данное выражение показывает, что параметры среды и комплекс физиологических показателей связаны через показатель теплового состояния организма человека, который складывается из показателя теплового ощущения ($S_{\text{ч}}$) и показателя теплового содержания ($Q_{\text{ч}}$). Для характеристики физиологических показателей человека по теплосодержанию наиболее информативным является определение теплосодержания через средневзвешенную температуру кожи.

Таким образом, с одной стороны, характеристики теплового ощущения и теплового содержания связаны между собой, а с другой, они имеют разную физическую природу, но эти характеристики являются объективными.

С учетом сказанного мощность теплового потока между КП и телом человека может быть определена по формуле [13–15]:

$$P_{\text{ч.т}} = \pm \frac{q_{\text{ч.сп}} F_{\text{кп}}}{\Delta\tau}, \quad (12)$$

где $P_{\text{ч.т}}$ – мощность теплового потока между КП и телом человека, Вт;

$q_{\text{ч.сп}}$ – средняя удельная плотность теплового потока к поверхности тела человека, Вт·ч/м²;

$F_{\text{кп}}$ – площадь КП по ее периметру, м²;

$\Delta\tau$ – время, затраченное на прирост или спад средней температуры тела человека на 2 °С, ч.

При этом средняя удельная плотность теплового потока, проходящего через всю поверхность кожи человека, составит:

$$q_{\text{ч.сп}} = \pm \frac{\Delta Q_{\text{ч}}}{F_{\text{ч}}}, \quad (13)$$

где $\Delta Q_{\text{ч}}$ – дефицит или избыток тепла в организме человека, Вт·ч;

$F_{\text{ч}}$ – площадь поверхности тела человека, м².

Площадь поверхности тела человека может быть определена по формуле Дюбуа:

$$F_{\text{ч}} = 0,203 M_{\text{ч}}^{0,425} H_{\text{ч}}^{0,725}, \quad (14)$$

где $M_{\text{ч}}$ – масса человека, кг;

$H_{\text{ч}}$ – рост человека, м.

Недостаток или избыток тепла в организме человека определяется по формуле:

$$\Delta Q_{\text{ч}} = \pm C_{\text{ч}} M_{\text{ч}} \Delta t_{\text{т.сп}}, \quad (15)$$

где $C_{\text{ч}}$ – удельная теплоемкость тела человека, равная 3,47 Вт·ч/(кг·°С);

$\Delta t_{\text{т.сп}}$ – изменение средней температуры тела человека вследствие увеличения или уменьшения тепла в организме, °С.

Рассчитаем среднюю температуру тела человека ($t_{\text{т.сп}}$), учитывая значения его ректальной температуры ($t_{\text{р}}$) и средневзвешенной температуры кожи ($t_{\text{к.сп.в}}$) с учетом их коэффициентов смешивания, отражающих долю тканей с температурой, близкой к «ядру» (K) и «оболочке» ($1 - K$), по уравнению:

$$t_{\text{т.сп}} = K \cdot t_{\text{р}} + (1 - K) t_{\text{к.сп.в}}, \quad (16)$$

где $t_{\text{р}}$ – ректальная температура тела человека, °С;

$t_{\text{к.сп.в}}$ – средневзвешенная температура кожи человека, °С.

Запишем уравнение (12) в развернутом виде:

$$P_{\text{ч.т}} = \pm \frac{C_{\text{ч}} M_{\text{ч}} \Delta t_{\text{т.сп}} F_{\text{кп}}}{F_{\text{ч}} \Delta\tau}. \quad (17)$$

В уравнении (17) отношение величины $F_{\text{кп}}/F_{\text{ч}}$ можно считать коэффициентом χ , учитывающим контактную площадь прилегания КП к поверхности тела человека. С учетом сказанного данное выражение можно представить в виде:

$$P_{\text{ч.т}} = \pm \frac{C_{\text{ч}} M_{\text{ч}} \Delta t_{\text{т.сп}} \chi}{\Delta\tau}, \quad (18)$$

где χ – коэффициент, учитывающий контактную площадь прилегания КП к поверхности тела человека.

Известно, что основная доля теплового потока между устройствами, аналогом которых является КП и поверхность тела человека, приходится на теплопроводность через стенки трубок КП и одежду. В связи с этим мощность теплового потока КП вследствие эффекта теплопроводности может быть определена по формуле:

$$P_{\text{кп}} = \pm K_{\text{т}} f' (t_{\text{т.сп}} - t_{\text{ж}}), \quad (19)$$

где $P_{\text{кп}}$ – мощность теплового потока КП, Вт;

$K_{\text{т}}$ – коэффициент теплопередачи через жидкость, стенку трубки и одежду в зоне контакта трубок КП с телом человека, Вт/(м²·°C);

f' – удельная площадь поверхности трубок КП, контактирующих с одним квадратным метром поверхности тела человека, м².

Удельная площадь поверхности трубок КП, контактирующих с поверхностью тела человека, может быть определена из выражения:

$$f' = \chi f, \quad (20)$$

где f – общая площадь поверхности трубок КП, контактирующих с одним квадратным метром поверхности тела человека, м²:

$$f = \pi d \cdot l, \quad (21)$$

где l – длина трубок на расчетном квадратном метре поверхности тела человека, м.

Коэффициент теплопередачи через жидкость, стенку трубки и одежду в зоне контакта трубок КП с телом человека может быть определен по формуле:

$$K_{\text{т}} = \frac{1}{1/\alpha_1 + \delta_{\text{ст}}/\lambda_{\text{ст}} + \delta_{\text{од}}/\lambda_{\text{од}} + 1/\alpha_2}, \quad (22)$$

где α_1 – коэффициент теплоотдачи между стенкой трубки КП и телом человека, Вт/(м²·°C);

α_2 – коэффициент теплоотдачи между жидкостью и стенкой трубки КП соответственно, Вт/(м²·°C);

$\delta_{\text{ст}}, \delta_{\text{од}}$ – толщина стенки трубки КП и одежды, м²;

$\lambda_{\text{ст}}, \lambda_{\text{од}}$ – коэффициенты теплопроводности стенок трубки КП и одежды, Вт/(м·°C).

Значением величины α_1 можно пренебречь, т.к. она во много раз меньше значения α_2 . Преобразуем формулу (22), учитывая, что:

$$\alpha_2 = \frac{\lambda_{\text{ж}} Nu}{d_{\text{вн}}}, \quad (23)$$

где Nu – критерий Нуссельта при ламинарном течении (потоке);

$\lambda_{\text{ж}}$ – коэффициент теплопроводности жидкости Вт/(м·°C);

$d_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр трубки КП, м.

Получим окончательно выражение:

$$K_{\text{т}} = \frac{1}{\delta_{\text{ст}}/\lambda_{\text{ст}} + \delta_{\text{од}}/\lambda_{\text{од}} + d_{\text{вн}}/\lambda_{\text{ж}} Nu}. \quad (24)$$

После преобразований уравнение (19) примет следующий вид:

$$P_{\text{кп}} = \frac{\pi d \cdot l (t_{\text{т.сп}} - t_{\text{ж}}) \chi}{d_{\text{вн}}/(\lambda_{\text{ж}} Nu) + \delta_{\text{ст}}/\lambda_{\text{ст}} + \delta_{\text{од}}/\lambda_{\text{од}}}. \quad (25)$$

Исходя из вышеизложенного, общий тепловой поток между телом человека и трубками ЛТУ в ориентировочных расчетах может быть оценен приближенной зависимостью:

$$q_{\text{тм}} = \pm c_1 \frac{2\pi \cdot \lambda_{\text{ж}} (t_{\text{т}} - t_{\text{ж}})}{\text{Arch}\left(\frac{\text{sh}\frac{2\pi h}{S}}{\text{sh}\frac{\pi d}{S}}\right)}, \quad (26)$$

где $q_{\text{тм}}$ – удельный тепловой поток путем теплопроводности и массообмена (плотность мощности теплового потока), Вт/м²;

$\text{Arch}(x)$, $\text{sh}(x)$ – соответственно, функции арккосинуса и синуса гиперболического (в программе MathCAD);

c_1 – коэффициент, учитывающий массообмен.

Далее определяем мощность теплового потока $P_{\text{т.п}}$ к поверхности КП (со знаком плюс) или от нее (со знаком минус) за счет теплопроводности, Вт [13–15]:

$$P_{\text{т.п}} = \chi \left[\frac{C_{\text{ч}} M_{\text{ч}} \Delta t_{\text{т.сп}}}{\Delta \tau} - \frac{\pi d \cdot l \cdot (t_{\text{т.сп}} - t_{\text{ж}})}{d_{\text{вн}}/(\lambda_{\text{ж}} Nu) + \delta_{\text{ст}}/\lambda_{\text{ст}} + \delta_{\text{од}}/\lambda_{\text{од}}} \right], \quad (27)$$



где $\Delta t_{\text{т.ср.}} / \Delta \tau$ – изменение средней температуры тела человека в целом за определенный период времени, °С/ч;

$\Delta t_{\text{т.ср.}}$ – изменение средней температуры тела человека вследствие увеличения или уменьшения тепла в организме, °С;

$\Delta \tau$ – время, затраченное на прирост или спад средней температуры тела человека на 2 °С, ч;

$t_{\text{т.ср.}}$ – средняя температура тела, °С;

$t_{\text{ж.}}$ – температура жидкости в трубках, °С.

Математическое моделирование

Мощность теплового потока Q_o , которая в математической модели снимается с помощью ЛТУ, должна соответствовать снимаемой в ходе проведения опытов. Она может быть оценена из условия равенства скорости снижения теплосодержания организма в соответствии со средней нормативной скоростью спада температуры тела [13]:

$$Q_o(L_{\text{т}}, t_{\text{ж.пер}}) = Q_{\text{ч.оп}}(L_{\text{т}}, t_{\text{ж.пер}}) \frac{L_{\text{к}} B_{\text{к}} M_{\text{ч}}}{3,6\tau \cdot k \cdot F_{\text{ч}}}, \quad (28)$$

где Q_o – показатель, характеризующий условия обеспечения теплосъема, Вт;

$L_{\text{т}}$ – переменная длина трубок, м;

$t_{\text{ж.пер}}$ – переменная температура жидкости, °С;

$Q_{\text{ч.оп}}$ – теплосодержание организма человека, полученное в опыте, кДж/кг;

$L_{\text{к}}$ – сумма длин спинки и подушки (параметр жестко задан), м;

$B_{\text{к}}$ – ширина спинки и подушки (параметр жестко задан), м;

$M_{\text{ч}}$ – масса тела человека, кг;

$F_{\text{ч}}$ – площадь поверхности тела человека, м²;

τ – среднее нормативное время спада температуры тела человека на 1 °С, ч;

k – коэффициент, связывающий скорость падения температуры тела человека со скоростью падения теплосодержания организма человека.

Необходимо также учесть, что суммарная длина трубок ЛТУ изменялась в лабораторных опытах дискретно (16, 20, 24 м), путем отключения соответствующих рядов трубок. В связи с этим в уравнения необходимо подставлять значения среднего шага трубок ЛТУ, соответствующие каждой серии опытов. Для среднего шага трубок ЛТУ можно записать:

$$S(L_{\text{т}}) = \frac{(B_{\text{к}} - d)}{(L_{\text{т}}/L_{\text{к}} + 1)}. \quad (29)$$

Для оценки расхождения результатов лабораторных опытов и теоретических моделей можно использовать среднеквадратическую погрешность:

$$\varepsilon = \frac{\sqrt{S_v}}{t_{\text{к.ср}}} 100\%, \quad (30)$$

где $t_{\text{к.ср}}$ – среднее значение величины температуры поверхности кожи, полученное усреднением по всем опытам и повторностям, °С;

S_v – средний квадрат отклонения опытных температур поверхности кожи от расчетных, то есть:

$$S_v = \left(\frac{1}{N} \right) \sum_{i=1}^N [t_{\text{к.ср.}i} - t_{\text{т}}(L_{\text{сум.}i}, t_{\text{ж.}i})]^2, \quad (31)$$

где N – суммарное число повторностей по всем опытам;

i – текущий номер повторности;

$t_{\text{к.ср.}i}$ – средняя температура поверхности кожи в i -й повторности, °С;

$L_{\text{сум.}i}, t_{\text{ж.}i}$ – соответственно, суммарная длина трубок (м) и температура жидкости (°С) для данной i -й повторности данного опыта.

Сопоставив полученные данные и изучив динамику измеряемых показателей, можно с определенной уверенностью оценить ТСО человека и прогнозировать возможные его изменения [16]. Использование методов математического моделирования является одним из путей решения задачи оценки и прогнозирования теплового состояния человека при температурных нагрузках [19, 20, 21].

Известно, что все средства нормализации условий микроклимата в первую очередь должны удовлетворять санитарно-гигиеническим требованиям или условиям комфортного ТСО человека. Поэтому при экспериментальных исследованиях в качестве критериев оптимизации, отражающих комфортное ТСО, были выбраны показатели теплосодержания и теплоощущения человека-оператора ТТМ, которые могут быть оценены критерием комплексной оценки комфортности условий микроклимата [9, 13].

Эффективность работы устройства по критерию комфортности, с учетом теплоощущения, зависит от субъективного восприятия условий микроклимата. Кроме этого, существует зависимость мощности теплового потока от таких непредсказуемых величин, как зазора между телом оператора и КП, толщины его одежды и т.п. [18]. Поэтому необходимо экспериментально обосновать параметры работы ЛТУ по условию минимальности абсолютного значения критериев комфортности микроклимата, связанного как с режимными параметрами (температура жидкости $t_{ж}$), так и с конструктивными (суммарная длина трубок $L_{сум}$). Далее была сформулирована оптимизационная задача, представленная в виде системы (32), при этом интервалы варьирования оптимизируемых параметров $t_{ж}$ и $L_{сум}$ выбраны с учетом мощности теплового потока КП из выражения (27) [9, 13]:

$$\begin{cases} |k_{ks}| \rightarrow \min; \\ |k_{kq}| \rightarrow \min; \\ |k_k| \rightarrow \min; \\ t_{ж} \in [16; 24], L_{сум} \in [16; 24], \end{cases} \quad (32)$$

где k_{ks} , k_{kq} – соответственно, критерии комфортности микроклимата за счет оценки теплового ощущения и теплового содержания человека, усл. ед.;

k_k – коэффициент, учитывающий значимость величины температуры кожи человека, усл. ед.;

$L_{сум}$ – суммарная длина трубок, м.

В процессе исследований также выполнено обоснование еще нескольких параметров – режимных (плотности мощности теплового потока за счет теплопроводности и массообмена) и конструктивных (шага трубок при различном их диаметре). При этом интервалы варьирования оптимизируемых параметров выбирались с учетом конструктивных схем сидений конкретной машины [9, 13, 18].

Методы

Для определения рациональных конструктивных параметров и режимов работы исследуемой конструкции ЛТУ были проведены экспериментальные исследования с использованием методов планирования эксперимента [13]. При этом были определены: схема ЛТУ, конструк-

тивные и режимные параметры предлагаемого ЛТУ. Получены зависимости между необходимой мощностью теплового потока КП, температурой жидкости, ее расходом и т.д.

Методика экспериментальных исследований включала в себя измерение параметров микроклиматических условий среды как внешней, так и внутри кабины ТТМ. Проводился опрос человека-оператора о его тепловом ощущении (для оценки его теплового состояния) (Приложение А1). Кроме того, фиксировались дата, время и место проведения исследований, вид выполняемой работы, возраст и одежда человека-оператора, состояние погоды (облачность и солнечная радиация).

Полевые исследования (испытания) проводились при погодных условиях, характерных для теплого и переходного периода года. Температура наружного воздуха составляла от 10 до 31 °С, относительная влажность воздуха соответствовала интервалу 20...80%, скорость ветра – 0,5...6,0 м/с, облачность – не выше одного-двух баллов. Измерения температуры и относительной влажности (наружного) окружающего воздуха и скорость ветра проводили на высоте 1,6...1,7 м от поверхности земли и на расстоянии не менее 10 м от машины.

Измерение параметров микроклимата в кабинах ТТМ проводилось при выполнении ими технологических процессов при загрузке их двигателей на 70% ($\pm 15\%$) от номинальной величины.

Для исследования подбирались группы людей от 5 до 10 человек в возрасте 20...40 лет, не адаптированных к специфическим условиям труда оператора ТТМ, выполняющих работы средней тяжести, одетых в летнюю одежду с термическим сопротивлением 0,5...0,6 clo (1 clo = 0,155 м²·К/Вт) и ознакомленных с модифицированной шкалой балльных оценок тепловых ощущений, характеризующих тепловое состояние оператора.

Протяженность эксперимента соизмерима с периодом рабочей смены оператора, параметры микроклимата в кабине ТТМ измерялись в момент оценки человеком-оператором одного из сформировавшихся у него тепловых ощущений.

Замеры параметров микроклимата в кабине ММ проводились в трех точках: у ног, на уровне груди и в зоне дыхания. Повторность замеров – 25-кратная.



Лабораторные исследования проводились в климатической камере, созданной на базе унифицированной кабины. Климатическая камера была оборудована кондиционером воздушно-испарительного типа и электрическим калорифером, что позволяло моделировать (изменять) параметры микроклиматических условий. Для создания человеку-оператору (испытуемому) условий работы необходимой степени тяжести труда ему предлагалось выполнять необходимое количество воздействий на рычаги управления в кабине.

В течение всего времени эксперимента параметры микроклимата в климатической камере поддерживались на заданном уровне при закрытых дверях и окнах [14, 15]. При включенном кондиционере или обогревателе воздушный поток не должен был быть направленным на оператора. Параметры микроклимата в климатической камере соответствовали условиям теплого периода года и составляли: температура воздуха $32 \pm 0,5$ °С, относительная влажность воздуха 40...60% и скорость движения воздуха 0,2...0,4 м/с. Температура воздуха измерялась у ног оператора в зоне расположения педалей на высоте 0,1 м от уровня пола, а также в зоне дыхания оператора на уровне 1,2 м от уровня пола. Относительная влажность и скорость движения воздуха измерялись в зоне дыхания оператора на высоте 1,2 м от уровня пола. Температура внутренних поверхностей кабины измерялась в пяти точках. Опрос операторов об их тепловом состоянии проводился одновременно с измерениями параметров микроклимата по модифицированной шкале балльных оценок тепловых ощущений (Приложение А1). Кроме того, по этой же шкале регистрировались тепловые ощущения, характеризующие локальный комфорт или дискомфорт в области ног, поясницы, спины, затылка или поверхности тела, освещенной прямыми солнечными лучами.

Параметры и режимы работы локального терморегулирующего устройства изменялись с учетом методики планирования эксперимента. Объемный расход жидкости при работе ЛТУ в течение всего периода эксперимента не изменялся и составлял 118 л/ч. Регулирование температуры жидкости на входе при максимальном расходе ее через ЛТУ может производиться по схеме, которая предполагает подмешивание части теплой жидкости, выходящей из ЛТУ, к холодной, поступающей из теплообменника. Та-

кой способ регулирования обеспечивает более равномерную температуру жидкости во всех трубках и зонах ЛТУ, следовательно, и более равномерное охлаждение участков тела, чем при обычном регулировании уровня расхода жидкости [13].

Исследования проводились также в разное время суток, при этом отсчет измеряемых параметров начинался не ранее чем через 30 минут с момента установления параметров микроклимата в климатической камере, заданных методикой эксперимента, и повторялся с интервалом 10–15 минут. За время одного опыта температура в кабине изменялась не более чем на 0,5 °С, а температура воды в ЛТУ – не более чем на 0,2 °С. В лабораторных экспериментальных исследованиях принимала участие группа из 5 человек, к которым предъявлялись те же требования, что и при проведении полевых экспериментальных исследований. Средневзвешенная температура кожи определялась по показателям температуры кожи человека, измеренным в пяти точках поверхности кожного покрова посредством термоэлектрических контактных датчиков. Показатели температуры кожного покрова измерялись в области лба, груди, спины, голени, бедра и кисти человека [14, 15].

Показания средней температура тела человека определялись следующим образом:

– для комфортной (термонеutralной) зоны:

$$t_{т.ср} = 0,7t_p + 0,3t_{к.ср.в}, \quad (33)$$

– для зоны теплового дискомфорта 1-й степени ($t_b = 25$ °С):

$$t_{т.ср} = 0,79t_p + 0,21t_{к.ср.в}, \quad (34)$$

– для зоны теплового дискомфорта 2-й степени ($t_b = 35$ °С):

$$t_{т.ср} = 0,9t_p + 0,1t_{к.ср.в}. \quad (35)$$

Средневзвешенная температура кожи человека определялась из выражения:

$$t_{к.ср.в} = 0,25t_1 + 0,25t_2 + 0,2t_3 + 0,18t_4 + 0,07t_5 + 0,05t_6, \quad (36)$$

где $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6$ – соответственно, температуры кожи, груди, спины, голени, бедра, лба и кисти человека, °С.

Результаты исследований

Обработка результатов исследований предусматривала выполнение двух этапов. Первый – предварительная обработка, включающая отсеивание грубых погрешностей и проверку соответствия распределения результатов измерений закону нормального распределения. Второй – выбор вида моделей и построение регрессионной зависимости теплоощущений человека-оператора от параметров микроклимата в кабине ТТМ. Обработка данных предусматривала построение регрессионных зависимостей откликов от факторов, проверку их адекватности, перерасчет откликов значения критериев комфортности и анализ полученных зависимостей на предмет поиска оптимальных значений факторов.

Результаты обработки данных позволили с помощью критериев проверить нормальность распределения случайных величин параметров микроклимата. Проверка осуществлялась по нескольким критериям [9, 13]. Вначале распределение случайных величин параметров микроклимата проверялось по критерию средних абсолютных отклонений. Данная проверка показала, что этому критерию удовлетворяет лишь распределение показаний относительной влажности воздуха. Однако, учитывая большой объем выборки, выполнена проверка и по критерию размаха варьирования. По данному критерию все рассматриваемые величины параметров микроклимата можно считать распределенными по закону нормального распределения. По коэффициенту асимметрии относительную влажность воздуха нельзя считать распределенной по закону нормального распределения. По коэффициенту эксцесса все величины соответствуют закону нормального распределения.

Поскольку система «оператор – кабина ТТМ» относится к разряду сложных и слабо организованных стохастических систем [8], то одного лишь теоретического обоснования параметров работы ЛТУ явно недостаточно. В процессе исследований были определены: средняя удельная плотность теплового потока, проходящего через всю поверхность кожи человека; площадь поверхности тела человека по формуле Дюбуа; недостаток или избыток тепла в организме человека; средняя температура тела человека с учетом значений его ректальной температуры и средневзвешенной температуры кожи; коэффициент теплопередачи через жидкость, стенку трубки и одежду в зоне контакта трубок КП с телом человека; удельная площадь

поверхности трубок КП, контактирующих с поверхностью тела человека; общий тепловой поток между телом человека и трубками КП. Графики некоторых экспериментальных зависимостей показаны на рисунках 3 и 4.

Анализ зависимостей позволяет определить необходимые конструктивные и режимные параметры ЛТУ, задавшись значением другого. Например, в случае обеспечения комфортной плотности мощности теплового потока $q_{TM} = 268 \text{ Вт/м}^2$ необходимо иметь шаг трубок

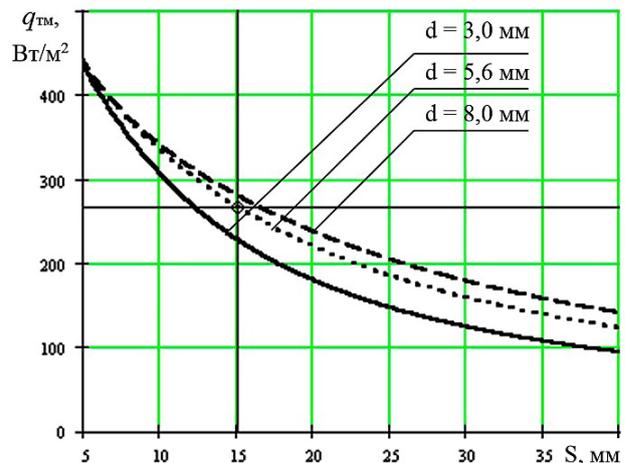


Рис. 3. Зависимость плотности мощности теплового потока q_{TM} за счет теплопроводности и массообмена от шага трубок S при различном их диаметре d

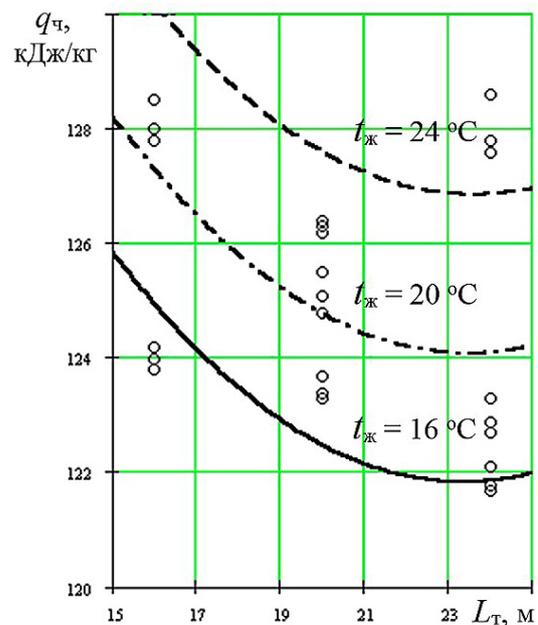


Рис. 4. Зависимость удельного теплосодержания человека $q_{ч}$ от длины трубок L_T при различных температурах жидкости $t_{ж}$



S в пределах 12,5...17 мм, в зависимости от вариантов применяемого диаметра d трубок (рис. 3). С учетом критерия комфортности по теплосодержанию $q_{\text{ч}}$ оптимальное значение длины трубок достигает значения 23,5 м при температуре жидкости 20 °С (рис. 4). При большей же температуре жидкости абсолютно комфортного состояния добиться нельзя.

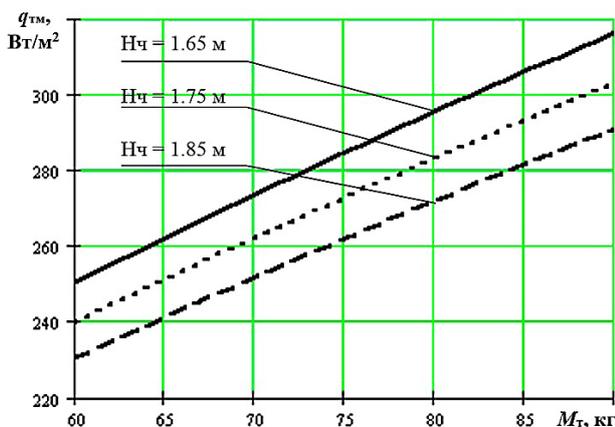
На рисунке 5 (а) приведен график зависимости изменения средней плотности мощности теплового потока при заданной скорости спада температуры от массы тела человека при различных значениях его роста. Видно, что зависимости практически линейны. При этом скорость изменения средней плотности мощности теплового потока составляет приблизительно 25 Вт/м² на каждые 10 кг увеличения массы тела человека. С увеличением массы интенсивность прироста средней плотности мощности теплового потока несколько уменьшается, причем для большего роста это снижение более явно выражено. Диапазон изменения средней плотности мощности теплового потока составлял 230–315 Вт/м² при изменении массы тела человека в пределах 60...90 кг. График зависимости изменения плотности мощности теплового потока от роста человека на рисунке 5 (б) имеет характер линейно уменьшающихся кривых. Интенсивность спада плотности мощности теплового потока составляет примерно 25 Вт/м² на каждые 0,3 м увеличения роста человека.

Анализ зависимостей показал, что независимо от массы или роста человека параметр плотности мощности теплового потока существенно

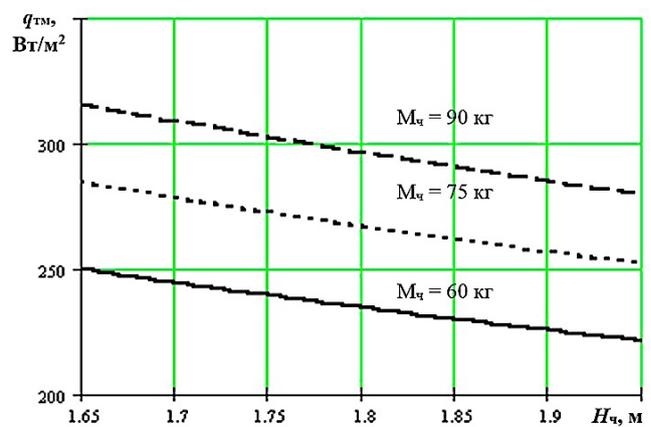
возрастает при увеличении скорости повышения температуры тела человека (150 Вт/м² на 1 °С увеличения скорости повышения температуры). Влияние массы тела и роста человека на изменение параметра плотности мощности теплового потока увеличивается по мере того, как возрастает скорость повышения температуры тела человека-оператора. При средних значениях массы тела и роста человека (70 кг и 1,7 м), а также нормативном значении скорости повышения температуры тела (2 °С в час) потребная средняя плотность мощности теплового потока составляет 268 Вт/м². При этом будут обеспечиваться комфортные условия работы человека-оператора в кабине ТТМ. По значениям плотности мощности теплового потока легко определить полную мощность теплового потока ко всей поверхности тела человека, необходимую для обеспечения заданной (комфортной) скорости повышения температуры, путем умножения плотности мощности теплового потока на площадь поверхности тела человека. Предварительные расчеты полной мощности теплового потока составили 486 Вт при средних значениях массы тела и роста человека.

Выводы

Комфортное состояние человека-оператора в кабине мобильной машины можно зафиксировать лишь в весьма узком диапазоне изменения температуры воздуха, на который сильно влияет температура ограждающих поверхностей (которую регулировать довольно сложно). Влияние температуры воздуха более явно выражено по сравнению с температурой поверхностей



а



б

Рис. 5. Зависимость плотности мощности теплового потока $q_{\text{тм}}$: а – от массы человека $M_{\text{т}}$ для заданной скорости спада температуры его тела при различном росте человека $H_{\text{ч}}$; б – от роста человека $H_{\text{ч}}$ для заданной скорости спада температуры его тела при различной массе человека $M_{\text{т}}$

ограждения. Исследования показали, что по критерию теплоощущения более вероятен дискомфорт из-за перегрева тела, чем из-за переохлаждения. По мере увеличения температуры поверхностей ограждения происходит также смещение температуры воздуха в область более низких температур, чтобы соответствовать комфортному состоянию человека (с 23,5 °С до 20 °С). Поэтому добиться комфортного состояния оператора по критерию теплоощущения только лишь изменением температуры воздуха в кабине невозможно. Это подтверждает необходимость применения ЛТУ в условиях нагревающего и охлаждающего микроклимата (с целью коррекции теплоощущений при изменении температуры поверхностей ограждения) даже в случае использования традиционных систем изменения температуры воздуха в кабине.

Обоснован способ регулирования теплоотдачи с поверхности тела человека-оператора ТТМ с помощью ЛТУ. Теоретически определена функциональная зависимость, связывающая конструктивные (d , S) и режимные ($t_{ж}$) параметры работы ЛТУ, конструктивные ограничения ($L_{к}$, $B_{к}$), а также показатель, характеризующий условия работы человека-оператора ($\Delta Q_{ч}$), и параметры его состояния ($q_{ч}$, $t_{р}$, h , h'). В результате для условий теплоотвода и теплоподвода были получены зависимости потребной мощности ЛТУ от суммарной длины трубок и температуры жидкости. Кроме того, получены зависимости изменения средней температуры поверхности кожи человека от суммарной длины трубок ЛТУ и температуры жидкости в ней. Наибольшее расхождение между теоретической моделью и лабораторными опытами наблюдается в области высоких температур жидкости и при средних значениях суммарной длины трубок. Поскольку экспериментальные значения $t_{к.ср.в}$ ниже теоретических, то в этой области значений $L_{пер}$ и $t_{ж.пер}$ наблюдается более эффективный отвод тепла от тела человека посредством ЛТУ, нежели теоретически предсказываемый. По всей видимости, начинает более явно проявлять себя теплоперенос за счет массообмена (перенос капиллярной влаги). Кроме этого, возможно, что неравномерный шаг трубок ЛТУ более эффективен, чем равномерный. Следует отметить довольно высокую степень соответствия теоретических моделей и результатов лабораторных опытов, так как среднеквадратическая относительная погрешность отклонения опытных данных от теоретических кривых не превышает 5% ($\varepsilon = 4,924\%$).

Получены уравнения связи между конструктивными параметрами КП (между шагом S и диаметром трубок d) для различных задаваемых значений теплоотдачи, температуры жидкости, толщины пакета одежды и температуры поверхности тела человека-оператора. Экспериментально определено оптимальное значение плотности мощности теплового потока $q_{тм}$.

Исходя из обеспечения возможно более эффективных условий по составляющей удельного теплового потока $q_{тм}$ определена потребная величина S шага трубок КП (при $P_{т.п} = 100$ Вт, $B_{к} = 0,42$ м, $L_{к} = 0,8$ м, $t_{т} = 37$ °С, $t_{ж} = 20$ °С, $h' = 1$ мм и $d = 5,6$ мм), которая составила около 14 мм. Целесообразный диаметр d трубок ЛТУ при этом 5...7 мм. Определено числовое значение объемного расхода жидкости через ЛТУ (при $d = 5,6$ мм, $S = 14$ мм, $L_{сум} = 22,4$ м, $N_{т} = 28$ шт.), которое составило 118 л/ч. Величина падения давления $H_{т}$ на трубках составила 237 Па.

Перспективы исследований

Регулирование теплоотдачи при изменении условий функционирования ЛТУ для жестко заданных конструктивных параметров возможно путем изменения расхода и температуры жидкости. Для этого необходимо в будущем разработать схему регулирования температуры жидкости в ЛТУ посредством перемешивания, чтобы обеспечить более равномерную ее температуру во всех трубках и зонах КП.

В перспективе оснащение кабин ТТМ с помощью ЛТУ будет иметь важные преимущества по сравнению с серийной кабиной, имеющей только традиционные системы кондиционирования или вентиляции, такие как:

- качественный теплообмен с поверхностью тела человека (за счет более высокого коэффициента теплопроводности при использовании жидкостного теплоносителя, например, воды);

- улучшение условий труда, экономия рабочего времени (за счет исключения потерь из-за временной нетрудоспособности), увеличение объема производимой продукции (за счет уменьшения непродуктивных затрат энергии на преодоление организмом человека-оператора неблагоприятных условий труда).

Список литературы

1. Localized Cooling for Human Comfort / M. Wang [et al.] // SAE Int. J. Passeng. Cars – Mech. Syst. 2014. № 7 (2). P. 755–768.



2. Virtual Thermal Comfort Engineering / T. Han [et al.] // SAE Technical Paper. 2001. № 01-0588.
3. Han T., Huang L. A Model for Relating a Thermal Comfort Scale to EHT Comfort Index // SAE Technical Paper. 2004. № 01-0919.
4. McFarland R., Domey R. Bio-Technical Aspects of Driver Safety and Comfort // SAE Technical Paper. 1958. № 580122.
5. Fulton K., Malloy M., Reade B. Vehicle Ergonomics and the Winter Environment // SAE Technical Paper 890035. № 1989.
6. Оценка потенциальной технологической безопасности подсистемы «машина» / Ю. Г. Горшков [и др.] // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2003. № 12. С. 40–41.
7. Gritsenko A., Glemba K., Vozmilov A. Improving the car environmental qualities by studying the engine load characteristics in the modes of injection rate off // Transportation Research Procedia. 2018. № 36. P. 237–244.
8. Glemba K., Averyanov Y., Larin O. Theoretical Study of Improving the Safety of the “Operator, Machine, and Environment” System when Performing Transport Operations // SAE Int. J. Trans. Safety. 2018. № 6 (1). P. 5–18.
9. Indicators of working conditions and the fatigue of operators of mobile agricultural machines / Y. Gorshkov [et al.] // Journal «Science». 2003. № 2. P. 11–17.
10. Effect of Car Cabin Environment on Driver’s Comfort and Fatigue / H. Tsutsumi, Y. Hoda, S. Tanabe, A. Arishiro // SAE Technical Paper. № 01-0444.
11. McGuffin R. Modeling of Human Thermal Comfort // SAE Technical Paper. 2001. № 01-2117.
12. Human Thermal Comfort Model and Manikin / R. McGuffin [et al.] // SAE Technical Paper. 2002. № 01-1955.
13. Glemba K., Averianov Y. Substantiation of Parameters and Operation Modes of Device for Thermal Comfort of a Mobile Machine Operator // Procedia Engineering. 2015. № 129. P. 542–548.
14. Аруин А. С., Зациорский В. М. Эргономическая биомеханика. М., 1988. 256 с.
15. Гаврилов Э. В. Эргономика на автомобильном транспорте. Киев : Техника, 1976. 152 с.
16. Thermal Comfort Prediction and Validation in a Realistic Vehicle Thermal Environment / K. Chen [et al.] // SAE Technical Paper. 2012. № 01-0645.
17. Effect of Car Cabin Environment on Driver’s Comfort and Fatigue / H. Tsutsumi, Y. Hoda, S. Tanabe, A. Arishiro // SAE Technical Paper. 2007. № 01-0444.
18. Using Virtual Seat Prototyping to Understand the Influence of Craftsmanship on Safety, and Seating Comfort / C. Marca, R. Dwarampudi, C. Cabane, M. Kolich // SAE Technical Paper. 2011. № 01-0805.
19. Rutkowski P. Thermal Comfort Modeling of Cooled Automotive Seats // SAE Int. J. Passeng. Cars – Mech. Syst. 2010. № 3 (1). P. 523–532.
20. Thermal Comfort Analysis of an Automobile Driver with Heated and Ventilated Seat / G. Karimi [et al.] // SAE Technical Paper. 2002. № 01-0222.
21. Heated Seat Simulation Study for Thermal Seat Comfort Improvement / S. Ziolk, J. Pryo, T. Schwenn, A. Steinman // SAE Int. J. Passeng. Cars – Mech. Syst. 2015. № 8 (2). P. 594–599.

Аверьянов Юрий Иванович, д-р техн. наук, профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности», ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».
E-mail: averianovyi@susu.ru.

Глемба Константин Вячеславович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка, и технология и механизация животноводства», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет; доцент кафедры «Автомобильный транспорт», ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».
E-mail: glemba77@mail.ru.

Гриценко Александр Владимирович, д-р техн. наук, профессор кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка, и технология и механизация животноводства», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет; профессор кафедры «Автомобильный транспорт», ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».
E-mail: alexgrits13@mail.ru.

* * *

УДК 637.1.024:633.2/.4

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ К ОБОСНОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЖИДКОГО ЗАМЕНИТЕЛЯ ЦЕЛЬНОГО МОЛОКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИСПЕРГАТОРА-ГОМОГЕНИЗАТОРА РОТОРНОГО ТИПА

С. В. Ажигова, Н. С. Сергеев

Отражена важность и целесообразность применения различных технологий и технических средств по приготовлению заменителей цельного молока для кормления телят крупного рогатого скота, что позволит свести до минимума расходы цельного молока. Это повлечет увеличение сырьевых ресурсов в молочной промышленности и животноводстве. Дан краткий обзор и классификация ЗЦМ, предложена для дальнейшей проработки схема технологической линии приготовления жидкого заменителя цельного молока с использованием диспергатора-гомогенизатора роторного типа.

Ключевые слова: животноводство, ЖЗЦМ, технология, диспергатор, гомогенизатор.

Интенсивное развитие отрасли молочного скотоводства требует совершенствования технологии выращивания ремонтного молодняка. В РФ, а также многих зарубежных странах характерна установившаяся тенденция роста разработки различных заменителей цельного молока, используемых для выпойки молодняка сельскохозяйственных животных.

Так, по приведенным данным на выпойку для одного теленка требуется от 180 до 350 и более кг цельного молока. В нашей стране на корм скоту ежедневно расходуется до 8 млн тонн молока, 22–25 млн тонн обраты и других молочных кормов, что составляет 12–15% от годового удоя, тогда как в большинстве стран

с развитым молочным скотоводством затраты на выпойку молодняка в последние годы существенно сокращаются и составляют в настоящее время 1–4% от его валового производства [1].

В связи с выраженной сезонностью получения молока и повышенным расходом цельного и обезжиренного молока на выпойку молодняка в межсезонный период промышленность в течение 6–8 месяцев испытывает острый недостаток в сырье для производственных нужд. Это влечет за собой значительное недоиспользование производственных мощностей по выработке сыра, молочных консервов, сухих продуктов, продуктов детского питания и, как следствие, снижение экономических показателей производства [2].



Цель современных методов выращивания молодняка крупного рогатого скота – сведение до минимума расходов цельного молока, что повлечет увеличение сырьевых ресурсов в молочной промышленности и животноводстве. Это позволит высвободить на пищевые нужды около 5 млн тонн цельного молока.

Резервом увеличения объема молока является сокращение его расхода за счет использования заменителей молока. Заменители цельного молока (ЗЦМ) являются сложными кормовыми смесями, в содержание которых входят в легкоусвояемой форме важнейшие питательные вещества: белки, жиры, углеводы, соли, витамины. По своему составу они близки к коровьему молоку, что позволяет полностью заменить его в рационе животных, начиная после молозивного периода их жизни.

Бесспорно, что идеальный корм для телят-сосунков – материнское молоко. Однако использование ЗЦМ позволяет добиться более раннего приучения и адаптации желудочно-кишечного тракта к потреблению кормов растительного происхождения, лучшему перевариванию питательных веществ рациона в последующие возрастные периоды.

Использование заменителей молока позволяет исключить риск передачи инфекций через коровье молоко и значительно улучшить показатели сохранности телят на фермах. Большинство фермеров во всем мире отдает предпочтение заменителям молока, что подтверждает их преимущества и достоинства.

Расчеты показывают, что для кормления телят по научно обоснованной норме (47 кг на одну

голову в год) потребуется около 1 млн 500 тыс. тонн полноценных ЗЦМ. С учетом обеспечения других видов с.-х. молодняка потребность в заменителях составит более 2 млн тонн. Успешное решение поставленной задачи по увеличению производства заменителей может быть решено путем использования предприятиями молочной промышленности свободных ресурсов обезжиренного молока, пахты и сыворотки, а также другого вторичного сырья молочной, мясной и других отраслей промышленности [3, 4].

Молочный период длится до 2–4-месячного возраста и в значительной степени обуславливается количеством выпаиваемого телятам молока и возрастом перевода их на растительные корма. Количество суточной нормы корма определяют в соответствии с потребностями организма, на основании живой массы и планируемого среднесуточного прироста. В среднем за сутки теленок должен получать молока 10–15% от собственного веса при рождении, или на каждые 10 кг живого веса 1 кг заменителя. Поэтому разрабатывая схемы кормления телят, необходимо учитывать, что с увеличением среднесуточного прироста содержание сырого протеина в рационе также должно увеличиваться. Максимальные суточные дозы молока приходятся на 2–3-ю декады, затем их постепенно уменьшают.

Общий расход цельного молока на выпойку теленка определяется количеством и качеством кормов, скармливаемых одновременно с ним, и зависит от хозяйственных условий и племенной ценности животных. В таблице 1 приведены данные по расходу молока и обраты ремонтному молодняку [5, 6].

Таблица 1 – Расход молока и обраты ремонтному молодняку крупного рогатого скота в молочный период

Телки	Живая масса в 6-месячном возрасте, кг		
	130	155	175
	Среднесуточный прирост, г		
	550–600	650–700	750–800
Молоко, кг	180	200	250
Обрат, кг	200	400	600
Бычки	Живая масса в 6-месячном возрасте, кг		
	380	450	500
	Среднесуточный прирост, г		
	700–750	850–900	1000–1500
Молоко, кг	320	400	450
Обрат, кг	600	800	1000

Суточные дачи обраты увеличивают пропорционально снижению количества цельного молока, затем постепенно уменьшают. Если телят поят одним цельным молоком, то скормливать его надо в течение 2,5–3 месяцев, а если снятым и цельным, то цельное молоко скормливают до 1–2 месяцев, снятое – до 4–5 месяцев [2].

Жидкие заменители цельного молока – это кормовой продукт для молодняка сельскохозяйственных животных. ЖЗЦМ имеет однородную консистенцию белого цвета с кремовым оттенком, с массовой долей жира не менее 2%, плотностью не менее 1027 кг/м³, кислотностью не более 22 °Т. Вырабатывается ЖЗЦМ из обезжиренного молока, пахты, сыворотки с добавлением растительных и животных жиров, фосфатидных концентратов, казеинатов натрия, витаминов, микроэлементов.

В рецептурах предусматривается комбинирование перечисленных компонентов по их видам и массе, за исключением витаминов и антибиотика. Основными преимуществами этого способа кормления являются сбалансированное питание животных, устранение факторов распространения болезней от взрослых животных к молодняку и, самое главное, более низкая себестоимость этих кормов по сравнению с цельным молоком [2, 8].

Технологический процесс включает тепловую обработку при температуре 85–89 °С или 95–99 °С с охлаждением до 72–76 °С, оцененного по качеству молочного сырья (обезжиренное молоко, пахта, сыворотка) и смешивание его с жировой смесью, водными растворами солей микроэлементов, витаминами и ан-

тибиотиком. При составлении жировой смеси в расплавленные при температуре 50–60 °С жиры прибавляют фосфатидные концентраты и жирорастворимые витамины Ав 02 или Рз и Е. Смесь всех компонентов фильтруют, гомогенизируют при температуре 55–60 °С и давлении 8–10 МПа, охлаждают до 4–8 °С и разливают во фляги, молочные цистерны. Поэтому целесообразно в хозяйствах готовить ЗЦМ с использованием молочных отходов и других побочных продуктов.

Цель работы. На базе большого разнообразия рецептов приготовления заменителей цельного молока, разработанных НИИ, выбрать наиболее приемлемые для телят младшего (до 3-месячного) возраста и телят в возрасте от 3 до 6 месяцев. Разработать и обосновать технологическую линию по производству жидких заменителей цельного молока для телят младшего возраста с использованием диспергатора-гомогенизатора роторного типа ЮУрГАУ.

Материалы и методы исследования

При составлении рецептуры, производстве и применении полноценного заменителя цельного молока необходимо учитывать, что телята-молочники до 30–40-дневного возраста плохо переваривают и усваивают растительные корма. Поэтому во всех схемах выпойки, применяемых в хозяйствах, следует приучать телят к поеданию концентрированных кормов, растительных кормов с 21-го дня жизни. Доля этих кормов по питательности за третью декаду 7–17%, за четвертую не более 25%, за пятую – около 40% и за шестую до 55% от суммарной питательности молочных кормов [7, 8, 9].

Таблица 2 – Расход сырья в кг, на 1000 кг ЖЗЦМ с учетом потерь, для телят младшего возраста (до 3 месяцев)

Сырье	Рецептуры				
	1	2	3	4	5
Молоко обезжиренное с массовой долей сухих веществ 8,4%	979,4	982	979,9	981,5	981,3
Жир «Зацемол»	–	22,4	–	–	–
Жиры кондитерские, хлебопекарные и кулинарные	17,5	–	–	–	20,9
Жир костный	–	–	19,75	21,6	–
Фосфатидные концентраты (кормовые)	7,5	–	3,75	–	1,5
Казеинат натрия (сухой)	–	–	–	1,25	–
Дистиллированные моноглицериды	–	–	–	–	0,625
Препарат витамина А активностью 200 000 и.е./мл	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Препарат витамина D ₂ или D ₃ активностью 200 000 и.е./мл	0,006	–	0,006	0,006	0,006
Препарат бацилихина с массовой долей бацитрацина 30 г/кг	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Препарат кормогрзина с массовой долей гризина 40 г/кг	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015



В таблице 2 предлагается рецептура для телят до 3-месячного возраста. В таблице 3 представлена рецептура для телят более старшего возраста. Варианты данных рецептов по приготовлению заменителей цельного молока вполне приемлемы для хозяйств нашей страны.

К сожалению, для приготовления указанных рецептов в сельском хозяйстве недостаточно эффективного технологического оборудования и особенно основного – гомогенизаторов и диспергаторов.

Под гомогенизацией жидких молочных продуктов понимают процесс механической обработки, при котором происходит дробление жировых шариков, выравнивание их по размеру. Гомогенизация предназначена для дальнейшего диспергирования эмульсии в целях получения продукта, размер дисперсной фазы которого не

превышает 1–2 мкм. Процесс гомогенизации осуществляют на аппаратах, называемых гомогенизаторы.

Выпускаемые нашей промышленностью агрегаты АМЗ-0,8, предназначенные для приготовления заменителей цельного молока, низкопроизводительные, энергоемкие и не обеспечивают хорошее качество заменителя цельного молока [10, 13].

Нами предлагается схема технологической линии для приготовления ЖЗЦМ при кормлении телят младшего (до трехмесячного) возраста, которая включает в себя стандартное оборудование: преобразователи, смесительные ванны, пастеризаторы, охладители, молочные насосы, арматуру, а также разработанный на кафедре диспергатор-гомогенизатор роторного типа [11].



1 – танк-смеситель № 1; 2 – кран 2-ходовой; 3 – насос; 4 – кран 3-ходовой; 5 – пастеризатор; 6 – смесительная ванна; 7 – варочный котел; 8 – танк-смеситель № 2; 9 – диспергатор-гомогенизатор; 10 – охладитель; 11 – фильтр

Рис. 1. Схема технологической линии приготовления ЖЗЦМ для телят до 3-месячного возраста

Таблица 3 – Рецептура комбикормовых смесей (в % к общей массе) при приготовлении ЗЦМ для телят старшего возраста (от 3 до 6 месяцев)

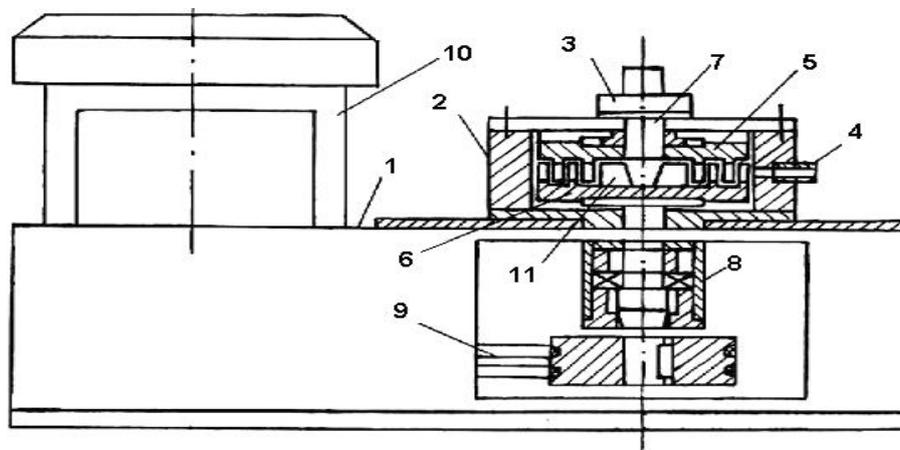
Компоненты	% к общей массе			
	25	28	20	29,5
Гороховая мука	25	28	20	29,5
Пшеничная мука	15	20	10	20
Дрожжи кормовые (сухие)	5	8	10	–
Мясо-костная мука	10	5	15	10
Овсяная мука	20	17,5	11,5	–
Жмых подсолнечный	25	20	18	20
Ячменная мука	–	–	15	20
Мел	–	1	–	–
Соль	–	0,5	0,5	0,5
Всего	100	100	100	100

Технологический процесс. В танк-смеситель № 1 заливается необходимое количество обрат согласно рецептуре (табл. 2). Из танка-смесителя молочным насосом Н-1 25% обрат пропускается через теплообменник. Нагретый до температуры 70–80 °С обрат поступает в танк-смеситель № 2, куда заливают 100-процентное содержание расплавленного жира, фосфатитов, витаминов, биомицина. Все компоненты в процессе перемешивания поступают через фильтр в диспергатор-гомогенизатор. Гомогенизированная смесь с помощью молочного насоса Н-2 направляется в охладитель для охлаждения до температуры 35–38 °С, и в дальнейшем в танк-смеситель № 1. Таким образом, к оставшемуся в танке-смесителе 75% обрат поступает гомогенизированная и охлажденная смесь с содержанием необходимого по рецептуре количества добавок. В танке-смесителе №1 смесь дополнительно перемешивается в течение 15–20 минут. Затем готовая смесь жидкого заменителя цельного молока молоч-

ным насосом Н-1 через 3-ходовой кран выдается потребителю [11, 12].

В ЮУрГАУ на кафедре ТМЖ по результатам многолетних научных исследований разработано несколько конструкций диспергаторов и гомогенизаторов роторного типа для приготовления заменителей цельного молока. Диспергатор-гомогенизатор (рис. 2) предназначен для получения стабильной и мелкодисперсной эмульсионной или эмульсионно-суспензной многокомпонентной питательной смеси при производстве ЗЦМ. Он характеризуется высокой интенсивностью процесса массообмена за счет поля механических колебаний на обрабатываемую среду, в которой протекают процессы эмульгирования жировых компонентов и диспергирования твердых частиц. Он является главной универсальной установкой в технологических линиях приготовления ЗЦМ и может быть использован:

- при производстве заменителей цельного молока на основе обезжиренного молока



1 – рама; 2 – корпус; 3 – патрубок впускной; 4 – патрубок выпускной; 5 – статор; 6 – ротор; 7 – вал; 8 – корпус подшипников; 9 – передача клиноременная; 10 – электродвигатель; 11 – лопасти

Рис. 2. Диспергатор-гомогенизатор (ЮУрГАУ)

Таблица 4 – Техническая характеристика диспергатора-гомогенизатора роторного типа (ЮУрГАУ)

Производительность, т/ч	4...5
Мощность электропривода, кВт	4
Частота вращения ротора, мин ⁻¹	4000
Удельная энергоёмкость, кВт·ч/т	0,8
Размер измельченных компонентов, мкм	Не более 2
Масса, кг	60
Долговечность рабочих органов, лет	8–10



с включением жира, фосфатидных концентратов, растворимых витаминов, биоцилина и др.;

- для приготовления заменителя цельного молока из сухого порошка, выпускаемого промышленностью;

- для получения питательной смеси для молодняка сельскохозяйственных животных из сухих компонентов по рецептуре, рекомендованной научно-исследовательским институтом кормления.

Диспергатор-гомогенизатор состоит из рамы 1, корпуса 2, статора 5, ротора 6, который закреплен на валу 7 впускного 3 и выпускного 4 патрубков. Вал 7 установлен в подшипниковом узле 8 внутри основания корпуса 2. Статор и ротор имеют рабочие кольца с радиально выполненными пазами. На роторе установлены лопасти 11. Привод вала ротора осуществляется через шкивы, посредством клиноременной передачи 9 от электродвигателя 10 мощностью 4 кВт и частотой вращения 3000 об/мин.

Диспергатор-гомогенизатор является высокопроизводительным и надежным устройством, прост в эксплуатации, имеет низкие показатели энерго- и металлоемкости (табл. 4).

Диспергатор-гомогенизатор работает следующим образом. Исходная смесь поступает во внутреннюю зону устройства через впускной патрубок 3. Смесь интенсивно перемешивается лопастями 11 и отбрасывается к первому ряду рабочих колец. При вращении ротора происходит быстрое чередование совмещения прорезей колец ротора и статора. В результате возникает пульсирующий с большой частотой жидкостный поток и обрабатываемая смесь подвергается воздействию больших напряжений сдвига, осуществляются гидравлические удары, кавитация. Крупные частицы, кроме того, диспергируются от механических воздействий рабочих органов. Приготовленная смесь соответствует зоотехническим требованиям как по среднему диаметру жировых шариков, так и по стабильности. Все перечисленные факторы обеспечивают высокое качество диспергирования и гомогенизирования в процессе приготовления ЗЦМ.

Выводы

На основании проведенного обзора и анализа литературных данных и научных исследований можно сделать следующие выводы:

1. В практике кормления молодняка сельскохозяйственных животных все более широкое распространение получают заменители цельного молока, использование которых позволяет значительно снизить себестоимость выращивания животных и повысить товарность молока.

2. Зоотехнические требования, предъявляемые к жидким заменителям цельного молока, предусматривают создание мелкодисперсных и стабильных эмульсионных смесей.

3. Использование высококачественных заменителей по отношению к цельному молоку в кормлении телят имеет определенные, четко прорекламированные преимущества:

- исключается передача заболеваний от коровы-матери, что часто отмечается при выпаивании молока (паратуберкулеза, сальмонеллеза, лейкоза и др.);

- состав однородной партии ЖЗЦМ всегда постоянный, в отличие от коровьего молока (в котором содержание питательных веществ зависит от разных факторов: периода лактации, возраста животного, состояния его здоровья, кормления, чистоты доильного оборудования и др.);

- введение в состав ЖЗЦМ витаминно-минеральных добавок также обеспечивает их превосходство над молоком и гарантирует хорошее развитие животных;

- сокращаются затраты на выращивание телят, поскольку ЖЗЦМ в 1,2–1,3 раза дешевле цельного молока;

- качественный ЖЗЦМ обеспечивает телят необходимыми питательными веществами, что способствует гармоничному развитию животных и полной реализации их генетического потенциала.

4. Ускоренная разработка и эффективное внедрение отечественных инновационных технологий по производству современных молочных, животных и альтернативных ингредиентов для приготовления высококачественных ЗЦМ неизбежно будет способствовать повышению конкуренции и экспортоспособности, устойчивому развитию отечественного молочного скотоводства, к уровню развитых стран, а также созданию современной инфраструктуры комплексной переработки молока.

Список литературы

1. Молочный рынок России: итоги 2015 года и прогноз развития отрасли // Агровестник. Режим доступа : https://agrovesti.net/molochnoe_

zhivotnovodstvo/molochniy_rinok_rossii_itogi_2015_goda_i_prognoz_razvitiya_otrasli.html.

2. Андреева М. И., Щедушнова Г. Н., Воропаева В. С. Производство заменителей цельного молока. М. : ЦНИИТЭИ Мясомолпром, 1980.

3. Гордезиани В. С. Производство заменителей цельного молока. 2-е изд. 1990. С. 95–99.

4. Крылов В. М., Зимченко Л. М. Применение ЗЦМ при выращивании телят. М. : Колос, 1975.

5. Технология цельномолочных продуктов и молочно-белковых концентратов: Справочник / Е. А. Богданова [и др.]. М. : Агропромиздат, 1989.

6. Ли Виталий. Использование ЗЦМ – залог успешного выращивания молодняка // Животноводство России. 2003. № 6. С. 23–26.

7. Промышленная переработка обезжиренного молока // Оранта: молочное производство. Режим доступа: <http://www.molz.ru/promyshlennaya-pererabotka-obezzhirennogo-moloka?page=32>.

8. Храмцов А. Г., Нестеренко П. Г. Технология продуктов из молочной сыворотки. М. : ДеЛи Принт, 2004. 487 с.

9. Кузьмин Ю. Н. Основное технологическое оборудование в переработке обезжиренного молока, пахты и молочной сыворотки. М. : ЦНИИТЭИ Мясопром, 1982.

10. Кулаковский И. В., Кирпичников Ф. С., Резник Е. И. Машины и оборудование для приготовления кормов. М. : Россельхозиздат, 1987. Ч. 1.

11. Ажигова С. В. Разработка технологической линии приготовления жидких заменителей цельного молока для кормления телят // Агроинженерия и экономика : матер. студ. науч. конференции / под ред. проф., д-ра с.-х. наук М. Ф. Юдина. Челябинск : ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2017. С. 7–15.

12. Пат. РФ № 2494969. Технологическая линия производства кисломолочных продуктов типа кумыса / Н. С. Сергеев, В. В. Старших, Е. А. Максимов ; заявл. 26.04.12 ; опубл. 10.10.2013, Бюл. № 17.

13. Голубкова М. Г. Анализ диспергаторов-гомогенизаторов, применяемых для обработки молочных продуктов // Совершенствование агротехники и технологии возделывания с.-х. культур : сб. науч. тр. / ЧГАУ. Челябинск, 1996.

Ажигова Светлана Весенгереевна, магистрант, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: svetlana1495@mail.ru.

Сергеев Николай Степанович, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка, и технология и механизация животноводства», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: s.n.st@mail.ru.

* * *

УДК 621.385.6+634.1:631.563.2

СВЧ-ПОДВОД ДЛЯ СУШКИ ОРГАНИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ

Е. Н. Ахмедьянова, К. Т. Ахмедьянова, С. Н. Редников

Рассмотрены вопросы процесса СВЧ-сушки для различных органических продуктов, экспериментально выбраны оптимальные режимы осциллирующего влагоудаления в ядрах подсолнечника и плодах абрикоса.

Ключевые слова: СВЧ-сушка, абрикос, ядра подсолнечника, нагрев, охлаждение, влага, диффузия, влагоудаление, время.

Важнейшей народнохозяйственной задачей является сокращение потерь при производстве, переработке и хранении сельскохозяйственной продукции. Одним из самых эффективных способов подготовки к длительному хранению сельскохозяйственной продукции является процесс сушки. Этот метод позволяет не только обеспечить длительное сохранение продукции, но и уменьшить массу продукции при сохранении витаминов, разрушаемых при других методах консервации.

Различают различные виды сушки. Исторически человечество использовало естественную сушку под действием солнечного излучения, термическую сушку и искусствен-

ные источники тепла, сушку вымораживанием, сравнительно недавно началось промышленное использование сушки с понижением давления и СВЧ-сушки и комбинации этих методов. Каждый из методов влагоудаления обладает рядом как достоинств, так и недостатков, что неоднократно отражалось в специализированной литературе [1, 2, 3]. Значительный интерес в практическом плане представляет использование СВЧ-устройства для влагоудаления [4]. Его преимущество перед другими в том, что процесс подвода тепла осуществляется не с поверхности, а объемно, что стимулирует отвод влаги, и процесс влагоудаления проходит в щадящих режимах,

при которых сохраняются все полезные компоненты в продуктах [5].

СВЧ-сушка происходит за счет дипольной поляризации молекулы воды. Продукты, помещенные в СВЧ-электрическое поле, нагреваются за счет электрических потерь, которые определяются относительной диэлектрической проницаемостью ϵ' и тангенсом угла диэлектрических потерь $\operatorname{tg}\delta$. Ядра подсолнечника с точки зрения электротехники относят к группе полупроводников как тела, содержащие влагу, обладают проводимостью порядка 10^{-4} – 10^{-6} Ом $^{-1}$ м $^{-1}$. Абрикос является слабым диэлектриком, влажность плодов – 76–90%. Эти параметры абрикоса и ядер подсолнечника оказывают влияние на мощность и скорость нагрева, поэтому возникает следующая задача: разработка технологического режима сушки абрикоса, ядер подсолнечника, учитывающая зависимость их электрических свойств от температуры и влажности.

Технологические режимы сушки СВЧ абрикоса и ядер подсолнечника

В процессе сушки происходит испарение влаги с поверхности материала, при этом влажность верхних слоев уменьшается и за счет разности концентраций между поверхностными и внутренними слоями возникает внутренняя диффузия, и влага перемещается к поверхности из мест с большей концентрацией в места с меньшей концентрацией. На скорость влагоудаления оказывают влияние такие факторы, как скорость испарения с поверхности, зависящая от влажности и условий обтекания сушильным агентом и внутренней диффузией, стимулирующей перемещение влаги к поверхностным слоям. Подвод тепла СВЧ-методом приводит к интенсификации процесса внутренней диффузии, выделяющийся с поверхности пар уменьшает долю энергии, идущей на нагрев полезного продукта за счет собственного увеличения температуры. В то же время обдув высушиваемого продукта при наличии избыточной концентрации влаги на поверхности обеспечивает высокую интенсивность сушки. Процесс удаления влаги не стационарен как на этапе подвода тепла СВЧ-методом, так и на этапе «конвекционной» сушки. Чередование процессов СВЧ-нагрева и динамического обдува позволяет повысить энергетическую эффективность процесса влагоудаления. Открытым остается вопрос соотношения периодов СВЧ-нагрева

и периодов «конвекционной» сушки. Для ответа на этот вопрос был поставлен как натуральный, так и численный эксперимент.

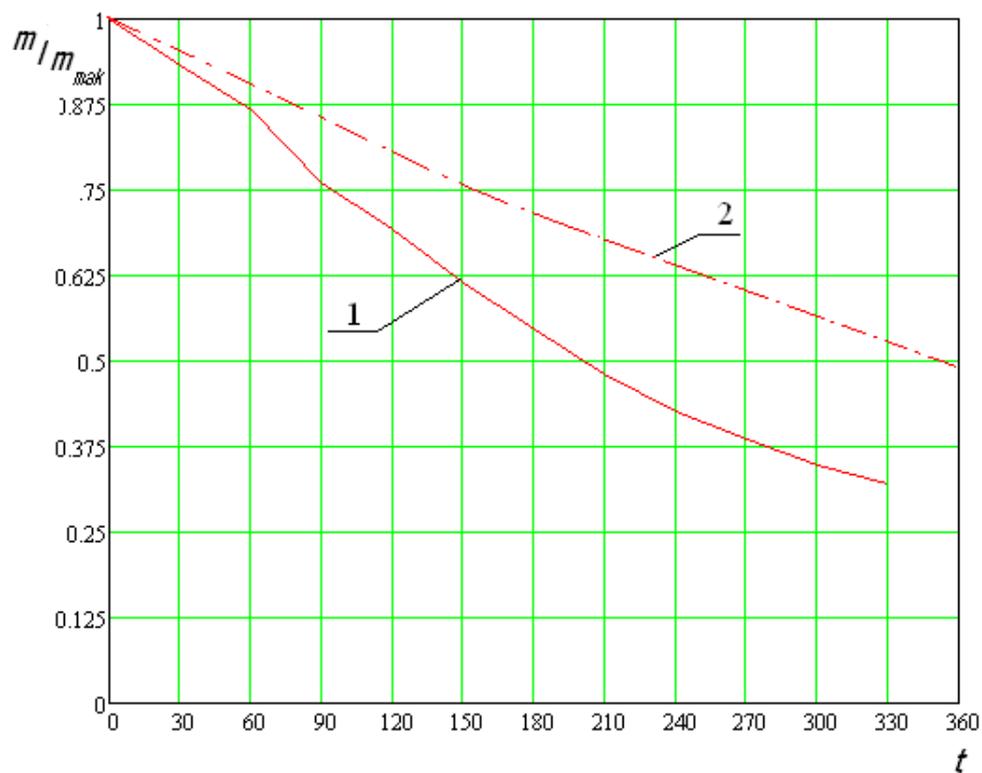
Условия проведения натурального эксперимента

Процесс влагоудаления проводился для плодов абрикоса и ядер подсолнечника. Начальная влажность абрикосов 91–92% (оценивалась влажность мякоти, косточка при сушке удалялась), начальная влажность ядер подсолнечника 21–22%. Для нагрева применялся магнетрон фирмы «Samsung», работающий на частоте 2465 МГц, мощность подвода энергии 900 Вт. Температуры нагрева оценивались на комплексе UM 71, в качестве датчиков температуры использовались хромель-копелевые термомпары (содержание в термомпаре Ni 42–44%, Mn 0,1–1%, диапазон измерения температуры от –20 до 600 °С с погрешностью 0,1 °С). Глубина засыпки 2,6 см определялась, исходя из глубины проникновения СВЧ в продукты. Масса засыпки исходного сырья 70 г. Оценка влажности производилась по анализу изменения массы, изменение массы вещества контролировалось на аналитических весах Wigam, модель WIG9010A, точность $\pm 0,01$ г. Реализовывались следующие режимы: непрерывный подвод энергии СВЧ-методом; пульсирующие режимы подвода тепла и обдува, с временем подвода тепла 60, 40, 30, 20, 10, 5 секунд. Время обдува было определено в 30 секунд по началу падения скорости влагоудаления. Характер изменения массы плодов абрикосов представлен на рисунке 1.

Характер изменения состояния плодов при сушке представлен на рисунке 2, а, д – исходное состояние плодов; б – состояние после первых 60 секунд влагоудаления; в – состояние плодов при достижении товарной влажности; г – состояние плодов при падении интенсивности подвода тепла СВЧ-методом при достижении порогового значения влажности.

Условия проведения экспериментов по оценке эффективности процесса влагоудаления для ядер подсолнечника представлены на рисунке 3. Интервал влажности ядер подсолнечника 8,6...22%, остальные параметры соответствовали экспериментам с абрикосами.

Минимальные затраты электрической энергии на сушку плодов абрикосов были получены при чередовании 30-секундного нагрева и 30-секундного охлаждения (рис. 4), что подтвердило результаты численного эксперимента [5, 6].



1 – при непрерывном подводе тепла до начала обугливания;
 2 – при пульсирующем подводе тепла, 10 секунд СВЧ-нагрев, 30 секунд обдув до начала обугливания

Рис. 1. Характер изменения относительной массы от времени сушки абрикосов



Рис. 2. Характер изменения внешнего вида плодов абрикоса



Рис. 3. Условия проведения процесса влагоудаления

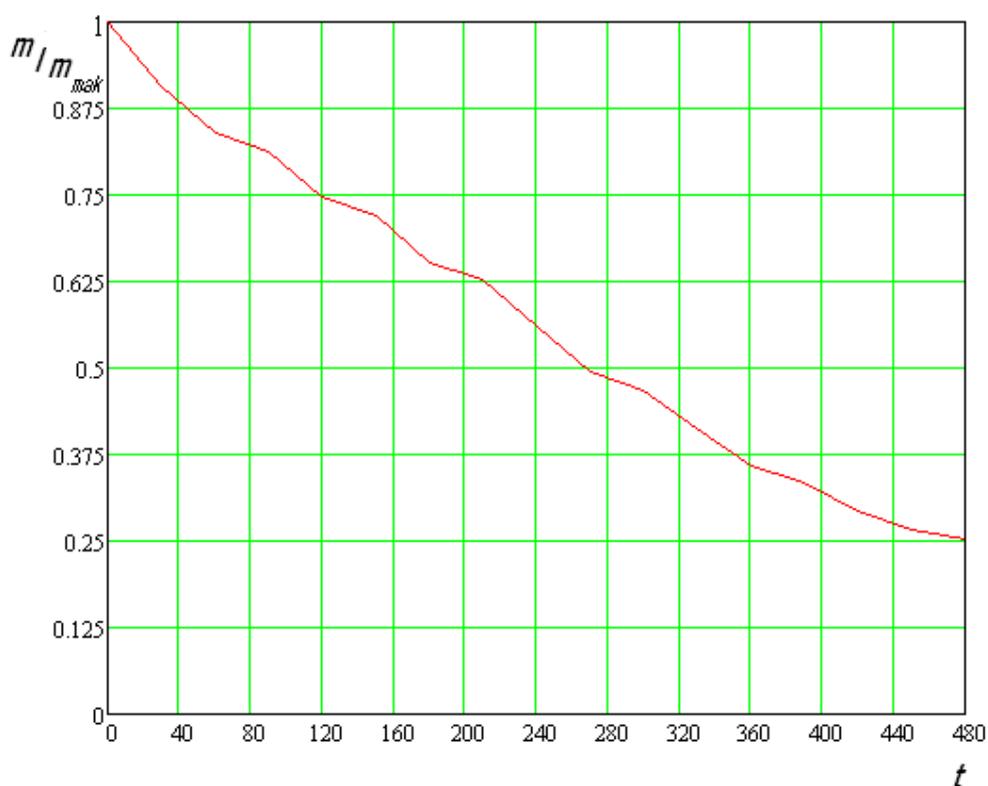


Рис. 4. Характер изменения относительной массы от времени сушки абрикосов при пульсирующем подводе тепла, 30 секунд СВЧ-нагрев, 30 секунд охлаждение

При сушке с периодичностью подвода тепла более 30 секунд наблюдается отставание в скорости удаления влаги и скорости подвода влаги к поверхности плодов абрикоса, что приводит к склеиванию плодов и затрудняет их ворошение.

Минимальные затраты электрической энергии на сушку ядер подсолнечника были получены при чередовании 60-секундного нагрева и 30-секундного охлаждения.

Выводы

Экспериментально было доказано, что для более эффективного влагоудаления из продуктов необходимо осуществлять осциллирующий процесс с чередованием периодов нагрева и конвекционного влагоудаления. Время оптимального периода нагрева определяется достижением 100% влагосодержания на поверхности сушимого тела, время конвекционного влагоудаления может с достаточной точностью быть



оценено по падению скорости удаления влаги. Для каждого типа высушиваемого материала существует предельное значение влажности, при котором режим СВЧ-сушки становится экономически нерентабельным.

Список литературы

1. Сажин Б. С. Основы техники сушки. М. : Химия, 1984. 320 с.
2. Лыков А. В. Тепло- и массообмен в процессах сушки. М. ; Л. : Госэнергоиздат, 1956. 464 с.
3. Муштаев В. И., Ульянов В. М. Сушка дисперсных материалов. М. : Химия, 1988. 352 с.
4. Тепло- и массообмен при сушке семян расторопши в вихревой камере с СВЧ-

энергоподводом / И. С. Юрова, И. Т. Кретов, А. В. Журавлев, Д. А. Казарцев ; Воронеж, гос. ун-т. инж. технол. Воронеж : ВГУИТ, 2012. 192 с.

5. Ахмедьянова Е. Н. Повышение энергетической эффективности процесса сушки древесной щепы // Материалы ЛП Международ. науч.-техн. конф. «Достижения науки – агропромышленному производству» / под ред. П. Г. Свечникова. Челябинск, 2014. С. 7–11.

6. Ахмедьянова Е. Н., Пташкина-Гиринина О. С. Нестационарные режимы влагоудаления // Пром-Инжиниринг : тр. Международ. науч.-техн. конф. / ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (НИУ). Челябинск, 2015. С. 40–42.

Ахмедьянова Елена Наильевна, заведующая лабораторией кафедры «Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: Karinlen@mal.ru.

Ахмедьянова Карина Тагировна, студент, Казанский государственный энергетический университет.

E-mail: Karinlen@mal.ru.

Редников Сергей Николаевич, канд. техн. наук, доцент, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».

E-mail: srednikov@mal.ru.

* * *

УДК 621.313.13+621.314.21]:66.047

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ИЗГОТОВЛЕНИЯ И АПРОБАЦИИ СИЛОВОГО ИМПУЛЬСНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ИСТОЧНИКА ТОКА НА ОСНОВЕ САМОТАКТИРУЕМОГО ПОЛУМОСТОВОГО ДРАЙВЕРА

Р. В. Банин, В. А. Буторин, Л. А. Саплин, П. И. Бондарчук

В работе представлен пример реализации импульсного источника тока, предназначенного для использования токовых способов сушки изоляции обмоток асинхронных двигателей. Разработана его функциональная и электрическая принципиальная схемы. Сформулированы требования, даны рекомендации по выбору элементной базы, освещены особенности изготовления и расчета импульсного высокочастотного трансформатора и ключевых элементов транзисторного коммутирующего модуля. Представлены осциллограммы в контрольных точках при апробации.

Ключевые слова: источник тока, импульсный трансформатор, функциональная схема, асинхронный двигатель.

Для обеспечения возможности широкого использования способа токовой сушки изоляции фаз обмоток асинхронных двигателей необходимы легкие, компактные, недорогие носимые источники постоянного тока с достаточно высоким КПД [1]. Все перечисленные условия можно реализовать на основе одной из схем импульсных преобразователей, перечисленных в [2].

При построении функциональной схемы источника тока следует учитывать, что импульсные преобразователи являются источниками мощных электрических и электромагнитных помех. Создаваемые ими колебания проникают в сеть, приводя к появлению гармоник

и искажая ее. С другой стороны, импульсные источники тока сами весьма восприимчивы к проникновению в них помех из сети, поскольку это нарушает нормальное функционирование задающих генераторов, ключевых элементов, приводит к «звону» печатных дорожек и может нарушить работоспособность источника тока в целом. С этой целью при построении функциональной схемы необходимо предусматривать входные помехоподавляющие фильтры, выполненные, например, по П-образной схеме, обеспечивающей наилучшую фильтрацию.

Как правило, импульсные преобразователи питаются от сети переменного тока. Для получения постоянного тока в силовом модуле



зачастую используется выпрямитель, выполненный по мостовой двухполупериодной схеме выпрямления. Преимуществом мостовой схемы над другими являются удвоенная частота пульсаций напряжения и нестрого критичные требования к выпрямительным диодам [3].

Питание вспомогательных цепей управления, обеспечивающих работу основного силового импульсного преобразователя, целесообразно осуществлять с применением бестрансформаторных схем выпрямления, к которым относятся: одно- и двухполупериодная схема выпрямления с гасящим резистором и одно- и двухполупериодная схема выпрямления с гасящим конденсатором.

Среди широкого многообразия схем управления силовыми импульсными преобразователями особое внимание следует уделить самотактируемым схемам как обладающим относительной схемотехнической простотой, минимальным количеством элементов и КПД около 90%.

Удачным примером такого преобразователя является интегральный аналого-цифровой контроллер самотактируемого полумостового драйвера *IR2153*, выпускаемый компанией «*International Rectifier*» [4].

Анализ представленной на рисунке 1 функциональной схемы показывает, что положительной стороной импульсного преобразователя на основе самотактируемого контроллера *IR2153* является не только минимальное количество

внешних узлов и модулей, но и выполнение выходного каскада на полевых транзисторах с индуктированным затвором. Последние обладают хорошими частотными свойствами, высоким КПД, малыми статическими и динамическими потерями.

Одним из эффективных решений по снижению потерь в низковольтном выпрямителе источника тока является использование ультрабыстрых диодов или диодов Шоттки в составе двухполупериодной схемы выпрямления со средней точкой. Рекомендуемые диоды обладают хорошими частотными свойствами и имеют низкое сопротивление открытого канала, которое положительно сказывается на характеристиках импульсного устройства. Выбор схемы выпрямления продиктован необходимостью увеличения КПД выпрямителя за счет уменьшения количества диодов по сравнению с двухполупериодной мостовой схемой в два раза. На выходе низковольтного выпрямителя целесообразно разместить индуктивно-емкостный фильтр, выполненный, например, по Г-образной схеме.

С учетом высказанных соображений функциональная схема источника тока представлена на рисунке 2.

Представленная функциональная схема нашла отражение в электрической принципиальной схеме источника тока, представленной на рисунке 3.

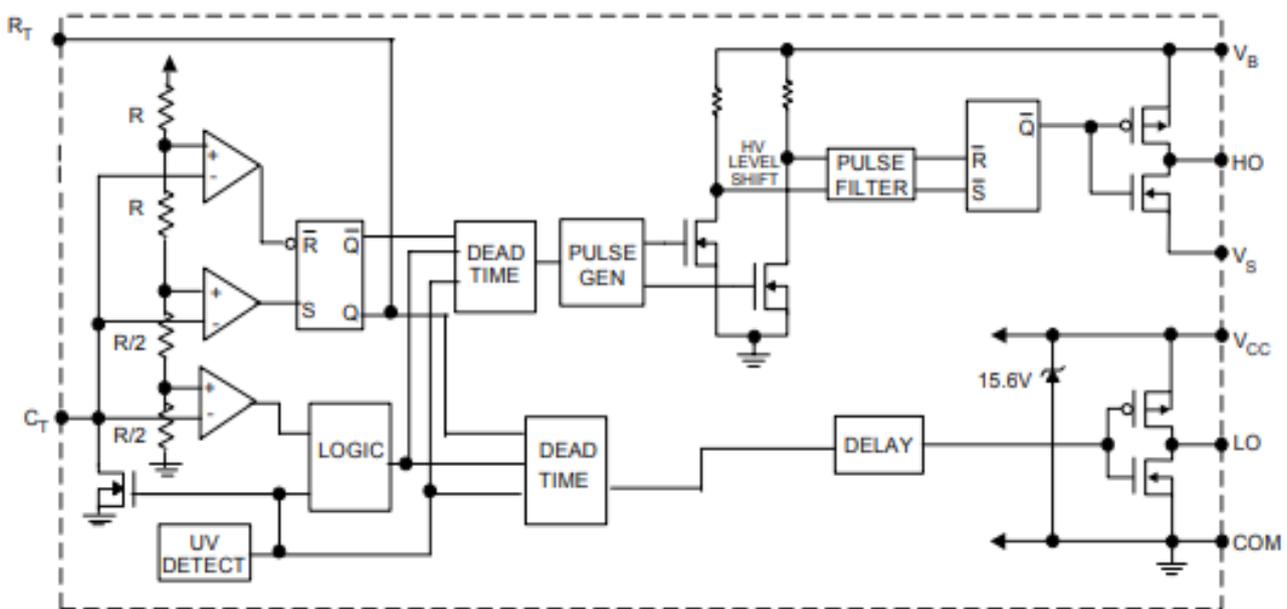


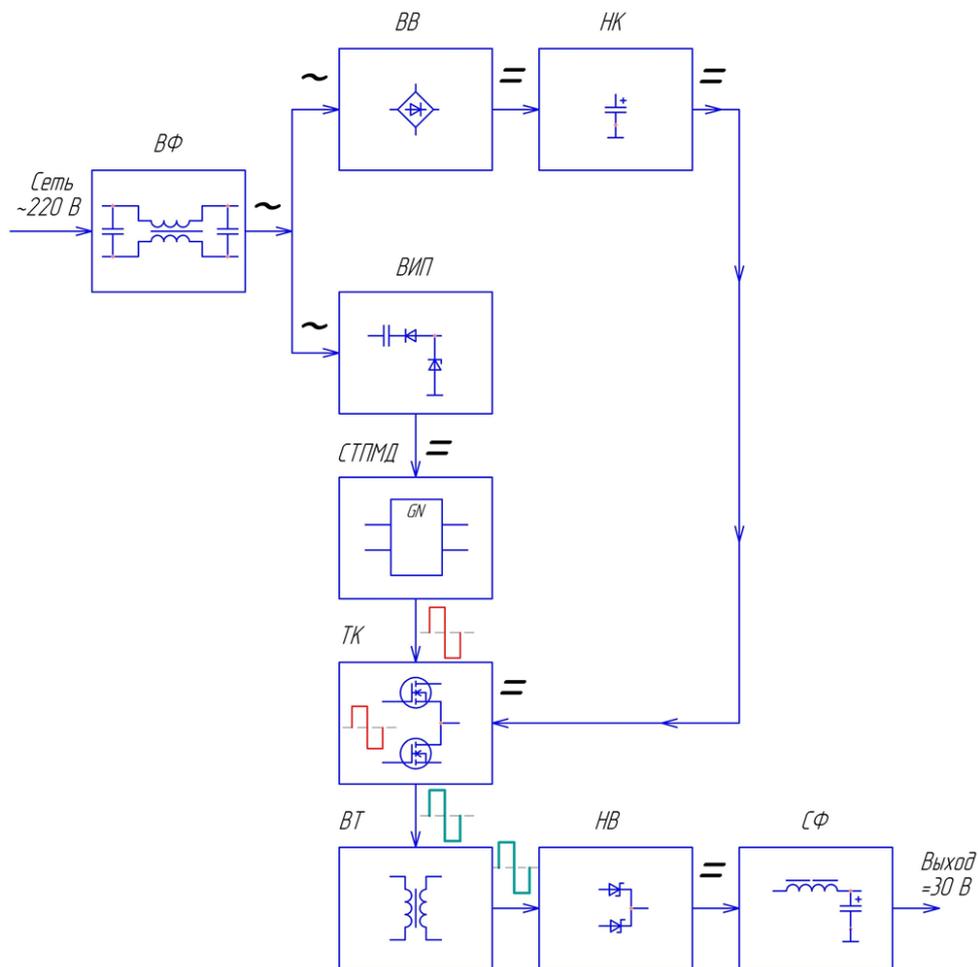
Рис. 1. Структурная схема контроллера *IR2153* [4]

Как показывает рисунок 3, одной из моделей является транзисторный коммутатор. Наиболее современным решением при его построении является применение силовых полевых транзисторов с индуцированным затвором, выполненных по технологии *n-MOSVI*. Примером такого решения может служить использование *FET*-транзистора 2SK3568 компании *Toshiba* в корпусе TO-220 F. Это позволяет не использовать изолирующие прокладки между теплоотводом и корпусом транзистора, что упрощает конструкцию системы охлаждения, повышает ее надежность и уменьшает тепловое сопротивление перехода «корпус-радиатор», обеспечивая высокие значения коммутируемого тока и напряжения, минимизацию статических по-

терь за счет сверхнизкого сопротивления открытого канала. Кроме того, применение *n-MOSVI FET*-транзисторов значительно снижает динамические потери за счет высокой скорости переключения и обеспечивает крутой фронт управляющего импульса и малую мощность за счет малой емкости затвора.

Согласно рекомендациям [1, 4], расчет элементов схемы преобразователя в нашем случае проводился для рабочей частоты самотазируемого полумостового драйвера, равной 70 ± 1 кГц.

Наибольший интерес с точки зрения расчетов и специфики исполнения для высокочастотных применений в практике разработки импульсных источников тока представляет высокочастотный импульсный трансформатор.



ВФ – входной фильтр; ВВ – высоковольтный выпрямитель; НК – накопительный конденсатор; ВИП – вспомогательный источник питания; СТПМД – самотазируемый полумостовой драйвер; ТК – транзисторный коммутатор; ВТ – высокочастотный трансформатор; НВ – низковольтный выпрямитель; СФ – сглаживающий фильтр

Рис. 2. Функциональная схема источника тока

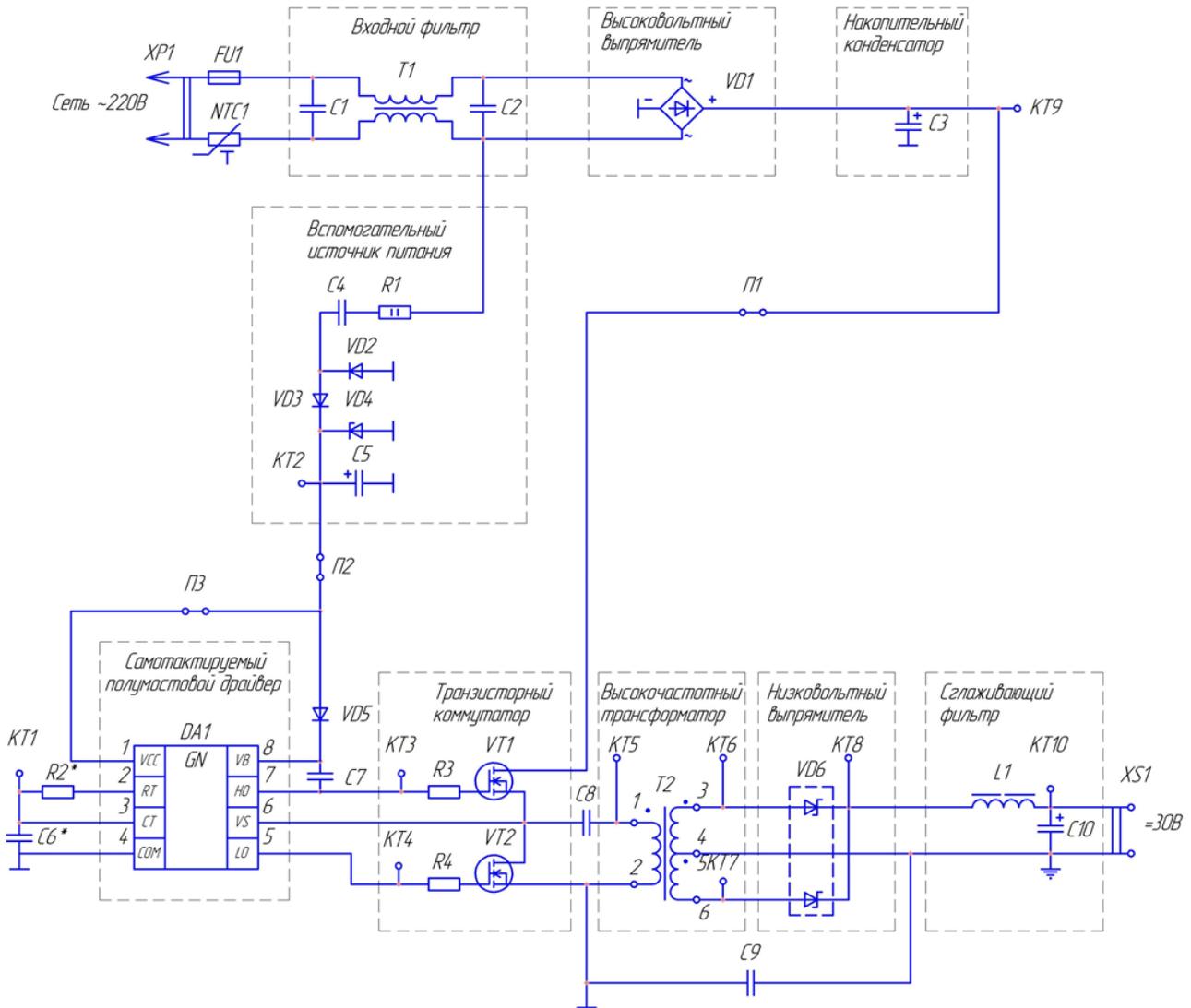


Рис. 3. Схема электрическая принципиальная импульсного источника тока

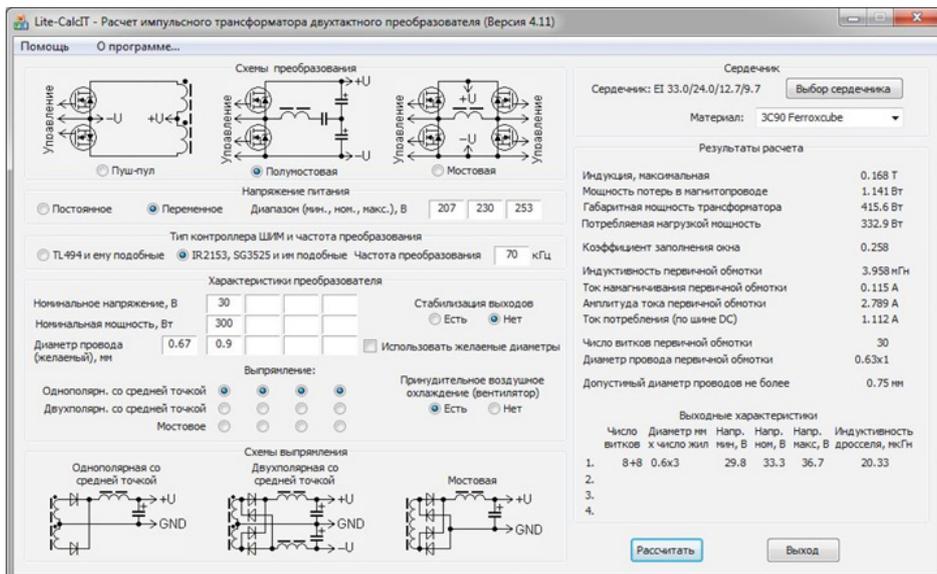


Рис. 4. Интерфейс программы Lite-CalcIT с параметрами расчета

В настоящее время для проведения расчетов с целью оптимизации параметров трансформатора все большее распространение получили специализированные программные продукты. Один из них, предоставляющий широкий выбор параметров расчета, включая библиотеки магнитных материалов, типоразмеров сердечников, управляющих контроллеров, представлен в программе *Lite-CalcIT* [5]. Интерфейс программы представлен на рисунке 4.

В представленной программе выполнен расчет высокочастотного преобразователя для самотазируемого драйвера *IR2153* со следующими параметрами: действующее напряжение на первичной обмотке $U_1 = 310$ В, частота преобразования $f = 70$ кГц, напряжение на вторичной обмотке $U_2 = 30$ В, ток вторичной обмотки $I_2 = 10$ А.

Результаты расчета проверены по методике [6], с которой имеется удовлетворительная сходимость. Таким образом, получены следующие расчетные параметры: габаритная мощность трансформатора $P_T = 415,6$ Вт; потребляемая нагрузкой мощность $P_{\text{пот}} = 332,9$ Вт; ток первичной обмотки $I_1 = 1,112$ А; число витков первичной обмотки $W_1 = 30$; число витков вторичной обмотки $W_2 = 8 + 8$.

Изготовление силового высокочастотного трансформатора для самотазируемого драйвера выполнялось в соответствии с рекомендациями и практическими приемами выполнения, изложенными в документах *AN-15*, *AN-18* компании *Power Integrations*, и включают следующие основные позиции [3, 6, 7, 8, 9]:

- использование только рядовой намотки для уменьшения индукция рассеяния, рост которой приводит к увеличению активной мощности в цепях ограничения выброса напряжения на стоке коммутирующего транзистора и увеличению нестабильности выходного напряжения в нестабилизированных каналах многоканального источника питания, выполненного на одном силовом трансформаторе;
- использование обмоточного провода диаметром не более 0,4 мм для уменьшения индукция рассеяния;
- Z-образная намотка многослойных обмоток для снижения потоков рассеяния;
- намотка обмоток в би- и трифиляр, а также использование медной фольги толщиной не более 0,4 мм для снижения активных потерь в обмотках;

- выполнение первичной обмотки в виде двух или нескольких секций для снижения нестабильности напряжения во вторичных каналах и снижения электромагнитного излучения силового трансформатора;

- размещение экранирующей медной фольги толщиной 35–50 мкм между первичной и вторичными обмотками для снижения уровня электромагнитных помех и улучшения электромагнитной совместимости источника тока;

- использование фторопластовой ленты или трансформаторной бумаги с последующей вакуумной пропиткой лаком трансформатора для повышения надежности и снижения риска высоковольтного пробоя между первичными и вторичными цепями;

- заполнение свободного пространства магнитопровода для улучшения электрических параметров и технологичности изготовления трансформатора.

Этапы намотки силового высокочастотного трансформатора на сердечнике *EI33/23/13* с каркасом *Ferroxcube* показаны на рисунке 5.

При проектировании печатной платы следует руководствоваться следующими рекомендациями: все токоведущие проводники должны быть как можно короче и как можно шире, это снизит активные потери в токоведущих проводниках и уменьшит уровень электромагнитного излучения; все фильтровые конденсаторы должны устанавливаться в непосредственной

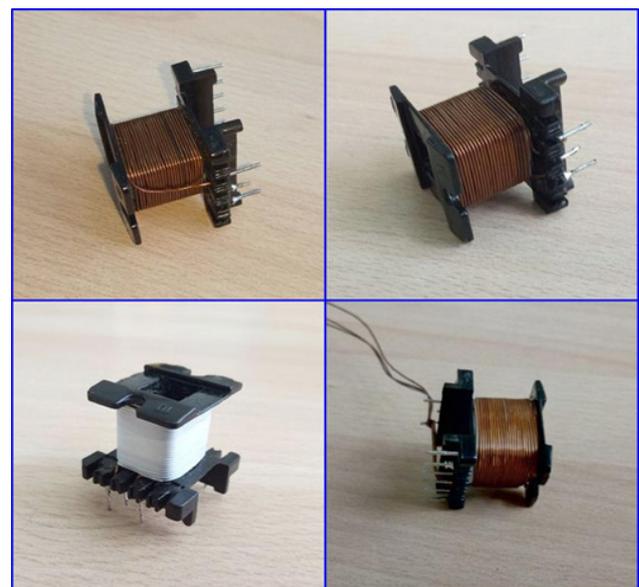


Рис. 5. Этапы намотки высокочастотного трансформатора



близости от источника помех для большей эффективности; около выводов всех конденсаторов необходимо делать сужение токоведущего проводника, особенно это касается электролитических конденсаторов высокочастотного выходного фильтра [9].

В результате реализации перечисленных приемов разработан макет печатной платы источника тока в программе *Sprint-LayOut*, представленный на рисунках 6 и 7.

Пробное включение источника тока заключается в проверке режима работы высоковольтного выпрямителя, вспомогательного источника питания, источника тока на основе самотактируемого полумостового драйвера и транзисторного коммутатора. Параметры работы перечисленных узлов авторами контролировались при помощи следующих приборов цифрового мультиметра «Sinometr 4000ZA» и двухканального электронного осциллографа «Tektronix TDS2022B».

Оценка работоспособности источника тока проводилась путем снятия осциллограмм в контрольных точках КТ1, КТ3, КТ4, КТ6, КТ7, отмеченных на рисунке 3. Полученные осциллограммы представлены на рисунках 8 и 9.

Измеренная по осциллографу амплитуда «пилы» в точке КТ1 составила $15,5 \pm 0,5$ В. Этого вполне достаточно для уверенного управления

силовыми транзисторами, амплитуда управляющих сигналов к контрольным точкам КТ3, КТ4 составила также $15,5 \pm 0,5$ В, время защитной паузы, исключающая протекание сквозного тока, составила $1,2 \pm 0,1$ мкс.

Подключенный к контрольным точкам КТ6, КТ7 осциллограф показал наличие паузы между каналами, длительность которых составила для разных нагрузок от 0,6 до 1,2 мкс.

Приведенные осциллограммы хорошо согласуются с осциллограммами, представленными в документации заводов-изготовителей электронных компонентов для импульсных источников тока [4, 6].

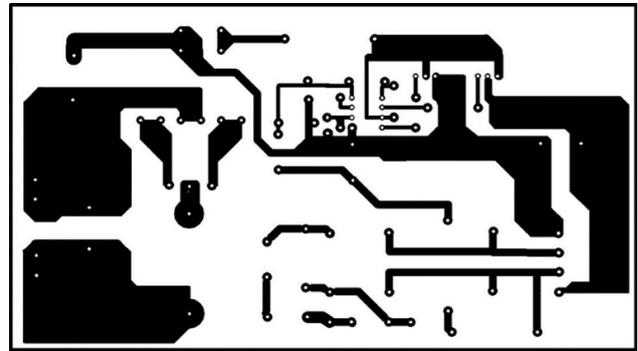


Рис. 7. Внешний вид печатной платы со стороны печатных проводников

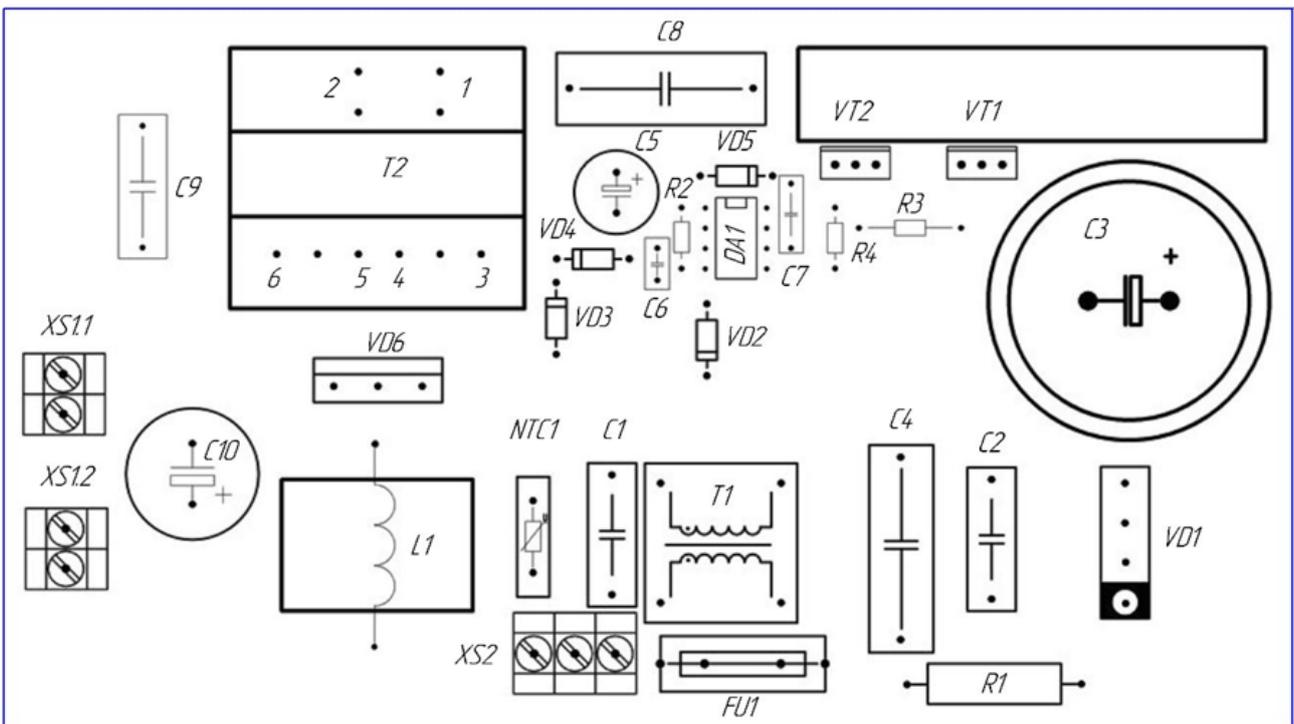


Рис. 6. Внешний вид печатной платы со стороны установки элементов

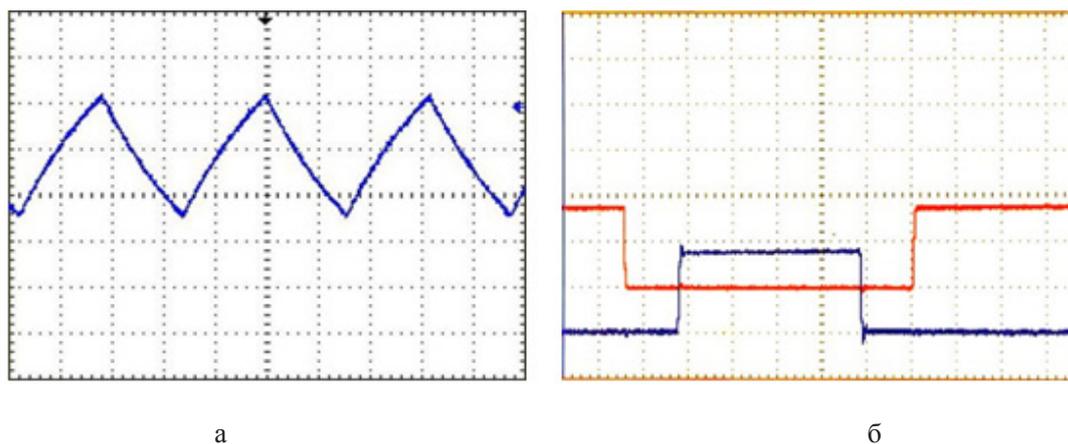


Рис. 8. Осциллограммы сигналов в контрольных точках КТ1 (а) и КТ3, КТ4 (б)

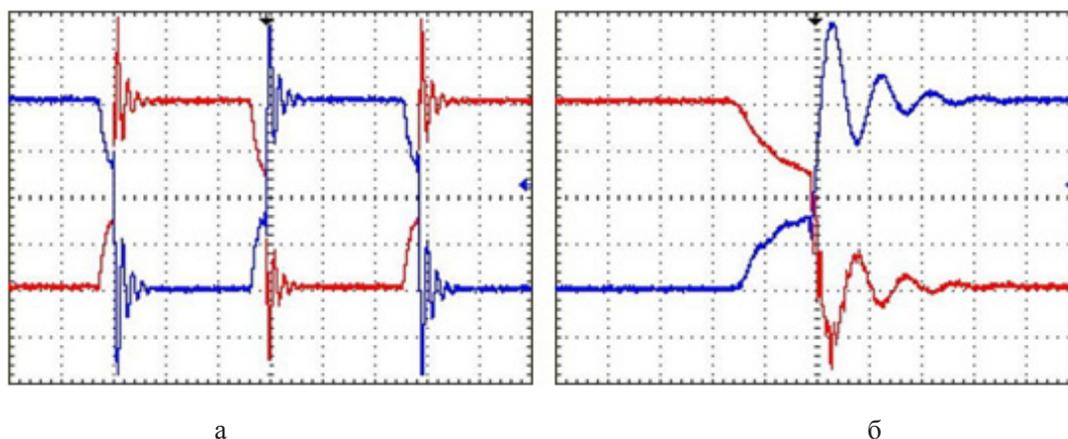


Рис. 9. Осциллограммы сигналов в контрольных точках КТ6 и КТ7 при нормальной (а) и увеличенной (б) развертках

В процессе нескольких включений продолжительностью по 30 минут источник тока не менял тональности и высоты звука, формы сигналов в контрольных точках не изменялись. Дальнейшую проверку источника тока планируется проводить при длительной номинальной нагрузке.

Список литературы

1. Банин Р. В. Совершенствование способа повышения эксплуатационной надежности асинхронных электродвигателей в сельском хозяйстве // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 10. С. 71–73.

2. Ромадина И. В. Микросхемы ШИМ-контроллеров ON Semi для сетевых источников питания // Компоненты и технологии. 2010. № 7. С. 88–94.

3. Грумбина А. Б. Электрические машины и источники питания радиоэлектронных устройств. М. : Энергоиздат, 1990. 368 с.

4. Компания «Infineon». Режим доступа : <https://www.infineon.com/dgdl/ir2153.pdf?fileId=5546d462533600a4015355c8c5fc16af> (дата обращения 15.01.20).

5. Паяльник. Режим доступа : <https://cxem.net/software/lite-calcit.php>.

6. Маникгала С. Импульсные источники питания от А до Z. СПб. : Корона-Век, 2014. 256 с.

7. Компания Power Integration. Режим доступа : <https://ac-dc.power.com/design-support/product-documents/application-notes/an-15-topswitch-power-supply-design/к> (дата обращения 15.01.2020).

8. Компания Power Integration. Режим доступа : <https://ac-dc.power.com/design-support/>



product-documents/application-notes/an-18-top-switch-flyback-transformer/ (дата обращения 15.01.2020).

9. Компания «МакроГрупп». Режим доступа : <https://www.macrogroupp.ru/proektirovanie-impulsnyh-istochnikov-pitaniya-na-baze-integralnyh-mikroshem-firmy-power-integrations> (дата обращения 15.01.2020).

Банин Роман Валерьевич, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Электрооборудование и электротехнологии», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: barom@mail.ru.

Буторин Владимир Андреевич, д-р техн. наук, профессор, кафедра «Электрооборудование и электротехнологии», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: butorin_chgau@list.ru.

Саплин Леонид Алексеевич, д-р техн. наук, профессор, ООО «Челябинский компрессорный завод».

E-mail: Lsaplin49@mail.ru.

Бондарчук Павел Иванович, магистрант кафедры «Электрооборудование и электротехнологии», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: bondp@mail.ru.

* * *

УДК 621.313.13:66.047

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Р. В. Банин, Л. А. Саплин, Н. В. Шигаева

Рассмотрен пример реализации методов проектирования и имитационного моделирования микроконтроллерных импульсных электронных устройств. Обоснован выбор топологии силовой части устройства, предназначенного для поддержания работоспособности изоляции асинхронных двигателей в процессе эксплуатации. Проанализирована элементная база контроллеров для управления силовой частью источников питания применительно к устройству сушки. Представлен алгоритм программирования вспомогательного микроконтроллера и результаты пространственного моделирования печатной платы разработанного устройства.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, изоляция, эксплуатационная надежность, работоспособность, устройство сушки.

Большинство электроустановок в сельском хозяйстве оснащены асинхронными электродвигателями. Сегодня в аграрном секторе России эксплуатируется более 16 млн электродвигателей. Ежегодно из строя выходит 20–25 % их парка, что приводит к ущербу более чем 500 млн рублей [1].

Как показывает анализ литературных источников, на долю отказов обмотки приходится 87 % случаев, а на долю подшипникового узла и прочие причины 7 % и 5 % соответственно. Отказ изоляции обмоток происходит вследствие межвитковых, межфазных и корпусных замыканий, как правило, вызванных увлажнением [1].

В связи с этим наиболее перспективным, с точки зрения эффективности и удобства реализации, направлением повышения эксплуатационной надежности асинхронных двигателей является токовая сушка изоляции их обмоток. Использование токовой сушки ограничивается слабым развитием технических средств для ее реализации.

Проведенные нами расчеты показали, что для осуществления токовой сушки асинхронных двигателей общепромышленного исполнения серий 4А, АИР и 5А номинальной мощностью до 20 кВт с частотой вращения в диапазоне 750–3000 об/мин мощность устройства сушки составляет 300 Вт, а для двигателей от 20 до 55 кВт не превышает 600 Вт.



При этом устройство сушки, по сути, представляет собой специализированный источник тока. Выбор схемотехнического решения для построения его силовой части основан на критерии достижения наибольшего КПД при минимальных массогабаритных показателях. Этим критериям в полной мере отвечают импульсные источники питания, содержащие звено преобразования и передачи мощности повышенной частоты. Для обоснования схемотехнического решения импульсного устройства нами проанализированы их топологии [2].

Анализ перечисленных топологий показал, что важнейшими критериями при выборе топологии силовой части импульсного источника тока являются его энергетические показатели, доступность схемотехнической и элементной реализации и установленная мощность. Исходя из этого, для сушки двигателей номинальной мощностью до 20 кВт построение силовой части устройства сушки лучше реализовать по обратноходовой топологии как обладающей простотой и низкой удельной стоимостью. Однако устройство, выполненное по этой топологии, не

Таблица 1 – Топологии схем импульсных источников питания

Топология	Схема	Мощность, Вт	Особенности
Обратноходовой		до 300	Простота и низкая стоимость схемы
Прямоходовой		до 300	Высокая эффективность при низких выходных напряжениях, пониженный уровень помех
Резонансный		до 300	Высокая рабочая частота, малые габариты, простота фильтрации помех
Двухтактный		100-5000	Пониженный уровень помех
Полумостовой		100-1000	Малые габариты, пониженный уровень помех
Мостовой		100-3000	Повышенный КПД

имело бы перспективы роста мощности, необходимой для сушки двигателей более широкого диапазона мощности. С этой целью устройство сушки целесообразно выполнять по двухтактной топологии, имеющей лучший КПД и минимальный уровень помех при относительной простоте схемы.

Построение источника тока по принятой топологии должно отвечать требованиям безопасности и иметь хотя бы минимальный набор сервисных функций. Указанные требования можно удовлетворить, взяв за основу устройства сушки один из современных контроллеров с широтно-импульсным управлением силовыми ключами. Аппаратной реализацией, удовлетворяющей всем перечисленным требованиям, является контроллер SG3525, структурная схема которого представлена на рисунке 1 [3].

Анализ представленной структурной схемы показывает, что контроллер SG3525 имеет внутренний источник опорного напряжения, который можно использовать для подключения усилителей ошибки с целью стабилизации тока и ограничения напряжения, подаваемого на фазы обмотки электродвигателя. Также имеется

набор функций, снижающих количество внешних элементов и повышающих управляемость и надежность устройства. Среди них можно назвать функцию «softstart», наличие входа для управления по току, наличие синхронизирующего выхода, возможность использования отдельного источника питания для управляющей схемы и силовой части. Важной положительной особенностью является высокая нагрузочная способность выходов, позволяющая подключать затворы коммутирующих полевых транзисторов непосредственно к выводам микросхемы. Совместно с выбранным контроллером планируется использование микроконтроллера, управляющего подачей импульсов тока на фазы обмотки электродвигателя.

Современным решением, предназначенным для оценки работоспособности электрических схем сложных электротехнических устройств с микроконтроллерами, является программирование и эмуляция их работы в различных средах проектирования. В настоящее время существует множество программных продуктов, предназначенных для этой цели. Наиболее известными из них являются *Proteus*,

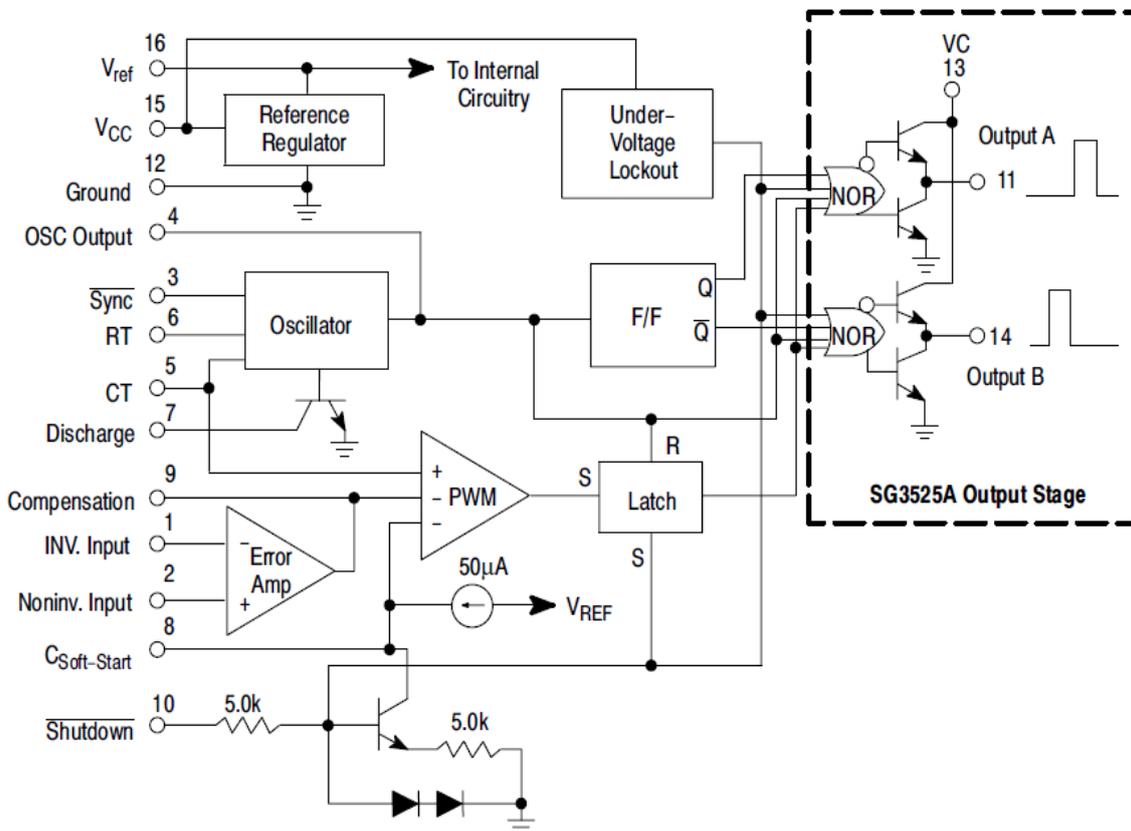


Рис. 1. Структурная схема контроллера SG3525



Altium Designer, OrCAD, VMLab, MicroCap, Flowcode AVR, Codevision AVR Pony Prog 2000, AVR Studio 5. Алгоритм программирования контроллера ATtiny 2313 в программе Flowcode AVR представлен на рисунке 2.

Необходимо отметить, что современные импульсные источники тока являются устройствами с высокой интеграцией компонентов, которые высоко нагружены в тепловом отношении. Поэтому компоновке печатной платы источников тока следует уделять особое внимание. При компоновке печатной платы устройства сушки следует учитывать два основных условия.

Первое связано с минимизацией длин дорожек, соединяющих силовые коммутирующие элементы и снабберные цепи с высокочастотным трансформатором. Даже незначительное увеличение длин дорожек печатной платы приводит к увеличению их индуктивности. Боль-

шая скорость коммутации приводит к возникновению импульсов перенапряжения, вызванных появлением этой паразитной индуктивности. Амплитуда возникающих импульсов может в 3 и более раз превышать коммутируемое напряжение.

Второе условие связано с расположением тяжело нагруженных элементов на печатной плате таким образом, чтобы обеспечить их наилучшее охлаждение.

Одним из современных программных продуктов, позволяющих осуществить моделирование устройств с учетом перечисленных условий, является система 3D CAD проектирования «Solid Works».

В соответствии с перечисленными условиями нами проведено объемное моделирование печатной платы устройства сушки, результаты которого представлены на рисунке 3.

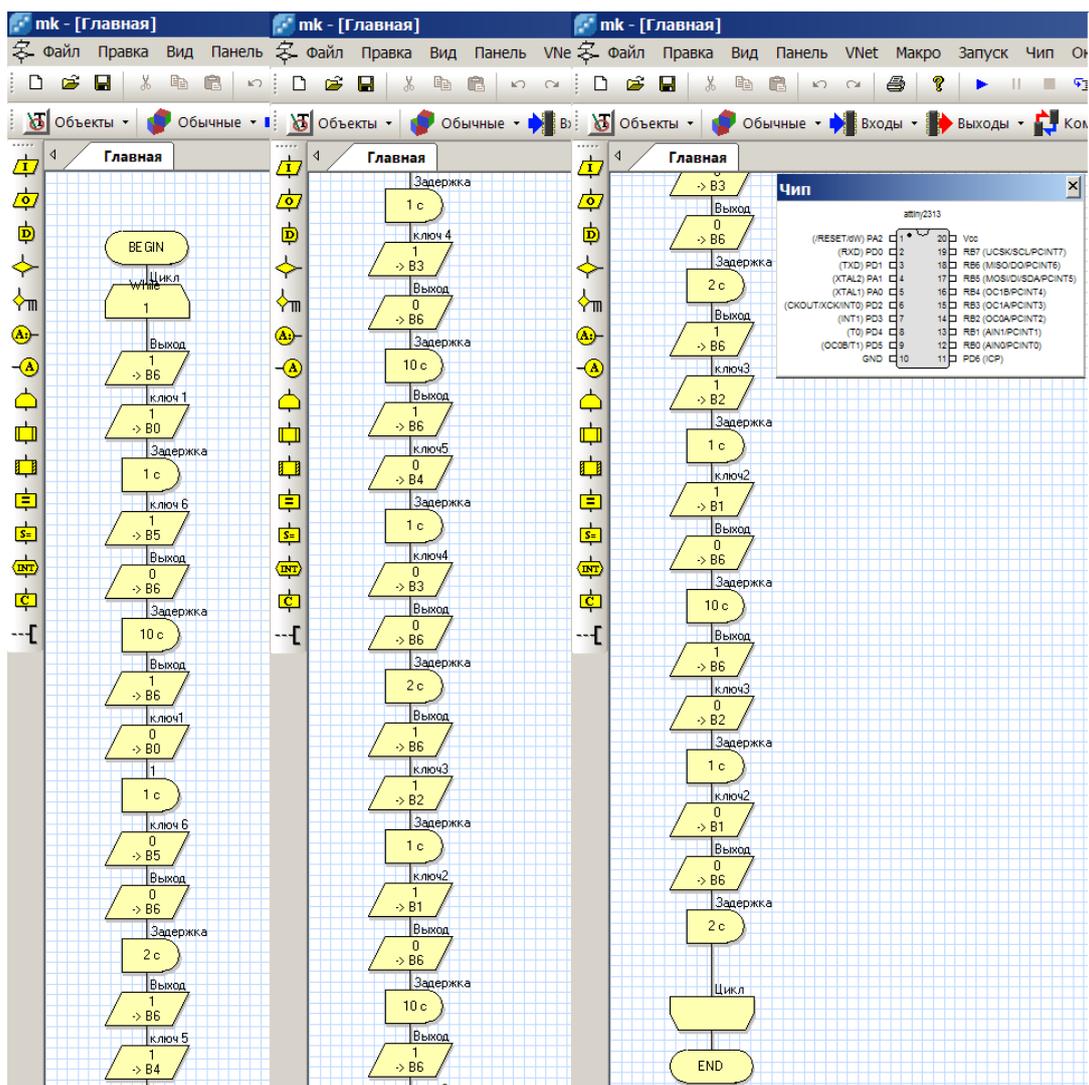


Рис. 2. Пример реализации алгоритма контроллера ATtiny 2313 в программе Flowcode AVR

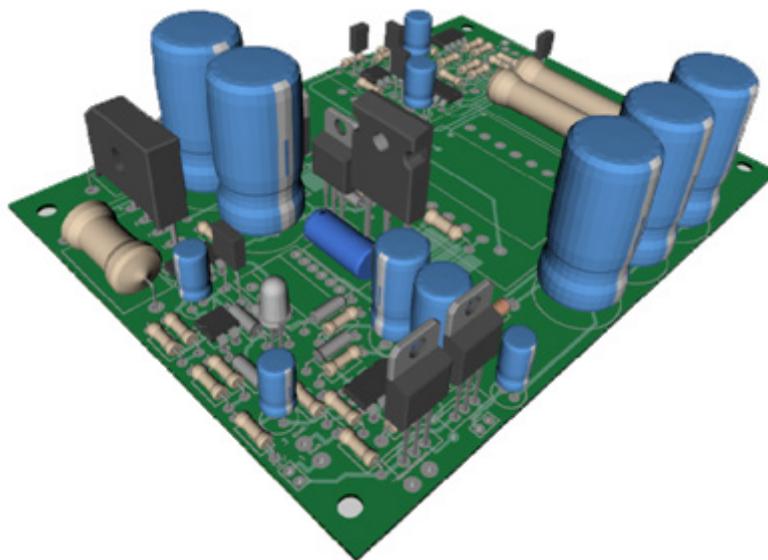


Рис. 3. Компоновка печатной платы устройства сушки

Как отмечено выше, разработанная печатная плата удовлетворяет требованиям, предъявляемым к импульсным источникам тока. Результаты выполненной работы планируется использовать для апробации дальнейшего совершенствования устройства сушки. Использование перечисленных программных средств позволило значительно повысить качество проектирования импульсного источника тока устройства сушки, предназначенного для повышения эксплуатационной надежности асинхронных двигателей.

Список литературы

1. Банин Р. В. Совершенствование способа повышения эксплуатационной надежно-

сти асинхронных электродвигателей в сельском хозяйстве // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 10. С. 71–73.

2. Ромадина И. В. Микросхемы ШИМ-контроллеров ON Semi для сетевых источников питания // Компоненты и технологии. 2010. № 7. С. 88–94.

3. Сайт компании «ON Semiconductor». Режим доступа : <https://www.onsemi.com/pub/Collateral/SG3525A-D.PDF>. (дата обращения: 10.01.2020).

Банин Роман Валерьевич, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Электрооборудование и электротехнологии», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: barom@mail.ru.

Саплин Леонид Алексеевич, д-р техн. наук, профессор, ООО «Челябинский компрессорный завод».

E-mail: Lsaplin49@mail.ru.

Шигаева Наталья Владимировна, аспирант очного обучения кафедры «Электрооборудование и электротехнологии», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: na_raniya@mail.ru.

* * *

ФУНКЦИЯ ЗАТРАТ, СВЯЗАННАЯ С ЗАПАСАМИ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРИСОЕДИНЕНИЯ ЭНЕРГОПРИНИМАЮЩИХ УСТРОЙСТВ К ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СЕТЯМ

В. А. Буторин, Л. А. Саплин, И. Б. Царев

В статье дано понятие о технологическом присоединении к электрическим сетям и о проблемах, возникающих с выполнением сроков договора между сетевой организацией и заказчиком в случае присоединения к электрическим сетям сельских энергопотребителей. Рассмотрены принципы расчета штрафов за просрочку договора о технологическом присоединении. Уменьшить риск штрафных санкций может создание запаса элементов электрооборудования на складах сетевых организаций, осуществляющих технологическое присоединение. Но чрезмерное увеличение запаса элементов электрооборудования приводит к большим затратам на его хранение и омертвление денежных средств, вложенных в невостребованные между поставками запасные элементы. Разумный компромисс между двумя противоположными аспектами проблемы может быть найден, опираясь на молодую, бурно развивающуюся междисциплинарную область знаний – теорию управления запасами. Центральным понятием теории управления запасами является функция затрат, минимум которой обеспечивает оптимальную величину создаваемого резерва элементов электрооборудования. Отыскание выражений для отдельных составляющих функции затрат за период между поставками запасных элементов, необходимых для технологического присоединения, является целью настоящей работы. Приведено выражение для расчета омертвления денежных средств, вложенных в невостребованные между поставками запасные элементы электрооборудования. Разработаны формулы для оценки затрат на хранение и выплату неустойки в случае нарушения сроков договора, вследствие дефицита необходимых для технологического присоединения запасных элементов на складах сетевой организации. Рассмотрены результаты численной оптимизации функции затрат на примере железобетонных стоек СВ-95-3. В качестве сетевой организации, осуществляющей технологическое присоединение, выступал Кетовский район электрических сетей филиала «Курганские электрические сети» ПАО «Сибирско-Уральская энергетическая компания». Численные расчеты показали, что минимум функции затрат достигается при величине запаса железобетонных стоек СВ-95-3, равной 551 шт. Значение самой функции затрат при этом составляет 23 260 руб.

Ключевые слова: технологические присоединения, затраты на хранение, затраты на омертвление денежных средств, штрафы за просрочку, минимум функции затрат.

Технологическое присоединение – это услуга, оказываемая сетевой организацией для подключения энергопринимающих устройств юридических, физических лиц и индивидуальных предпринимателей к электрическим сетям.

Срок технологических присоединений устанавливается законодательно [1] и в большинстве случаев составляет шесть месяцев от момента подачи заявки. Этот срок кроме самих работ по присоединению энергопотребителей включает в себя еще тендеры по выбору подрядных организаций, проектирование, составление сметы, экспертизу, согласования и т.д. Все это приводит к тому, что сроки непосредственно проведения технологических присоединений

сельскохозяйственных потребителей зачастую не выполняются. А невыполнение сроков влечет за собой серьезные штрафные санкции для сетевых организаций.

Приобретение сетевыми организациями необходимых для технологического подключения элементов электрооборудования начинается после проведения вышеуказанных процедур. Наличие на складах сетевых организаций запаса элементов электрооборудования повышает вероятность уложиться в сроки, отведенные на технологическое присоединение, но при этом появляются издержки, связанные с созданием и хранением этого запаса. Возникает типичная задача для стремительно развивающейся области знаний – теории

управления запасами [2]. Центральным объектом изучения в этой междисциплинарной области знаний является функция затрат. Отыскание минимума функции затрат позволит в нашем случае найти разумный компромисс между чрезмерным увеличением запаса элементов электрооборудования и риском штрафных санкций за нарушение сроков технологических присоединений.

Цель исследований: разработка выражения функции затрат за период между поставками запасных элементов электрооборудования для осуществления технологического присоединения энергопринимающих устройств к электрическим сетям.

Теоретические исследования

С целью снижения транспортных расходов резерв элементов электрооборудования для технологического присоединения поставляется совместно с производственными запасами, необходимыми для проведения технического обслуживания и ремонта объектов электросетевого хозяйства.

Функция затрат в общем случае включает в себя затраты на поставку и физическое хранение элементов электрооборудования, затраты на омертвление денежных средств, вложенных в невостребованные между поставками элементы, а также штрафы за просрочку сроков технологического присоединения, вызванную дефицитом необходимых элементов электрооборудования на складе. Рассмотрим каждую из этих составляющих в отдельности.

Затраты на поставку пропорциональны количеству поставленных на склад элементов электрооборудования. За длительный промежуток времени общий объем поставок будет близким к суммарному спросу на данный вид элементов, вследствие чего стоимость поставок не повлияет на оптимизацию функции затрат, поэтому эта составляющая функции затрат в дальнейшем из рассмотрения исключается. Таким образом, в рассматриваемом случае функция затрат L будет иметь вид:

$$L = L_{\text{xp}} + L_{\text{ом}} + L_{\text{ш}} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где L_{xp} – затраты на хранение элементов электрооборудования, руб.;

$L_{\text{ом}}$ – затраты на омертвление денежных средств, вложенных в невостребованные между поставками элементы, руб.;

$L_{\text{ш}}$ – издержки на выплату штрафных санкций, вызванных нехваткой необходимых элементов электрооборудования на складе.

Увеличение запасов приводит к росту первых двух слагаемых, но к уменьшению третьего слагаемого. Разумный компромисс между чрезмерной величиной созданного запаса элементов электрооборудования и риском выплаты штрафов, вследствие их дефицита, будет соответствовать минимуму функции затрат (1).

Затраты на хранение L_{xp} включают в себя издержки на отчисление в фонд заработной платы работников склада, плату за складские фонды, расходы на освещение, водоснабжение, отопление складских помещений, амортизационные расходы и т.д. Они пропорциональны среднему количеству запасных элементов данного типа на складе и периоду хранения между поставками:

$$L_{\text{xp}} = C_{\text{xp}} n_{\text{cp}} T, \quad (2)$$

где C_{xp} – стоимость хранения элемента электрооборудования данной номенклатуры в течение суток, руб./сут.;

n_{cp} – среднее число изделий данной номенклатуры, хранящейся на складе;

T – период поставок, сут.

Если принять, что количество запасенных элементов с течением времени уменьшается по линейному закону, то среднее число изделий данной номенклатуры можно рассчитать по формуле:

$$n_{\text{cp}} = n/2, \quad (3)$$

где n – уровень пополнения склада элементами данной номенклатуры.

Из равенств (2) и (3) следует, что затраты на хранение описываются выражением:

$$L_{\text{xp}} = C_{\text{xp}} nT/2. \quad (4)$$

Под омертвлением денежных средств понимают упущенную выгоду, которую могло извлечь сетевое предприятие, если бы денежные средства вкладывались не в элементы электрооборудования, которые оказались невостребованными в период между поставками, а в другие сферы, приносящие твердый доход.

Если за время между поставками число требований на элементы электрооборудования



данной номенклатуры будет больше или равно величине, до которой происходит пополнение склада в начале каждого периода поставок, то затраты на омертвление денежных средств отсутствуют.

Если за время между поставками число требований на элементы электрооборудования данной номенклатуры будет меньше величины, до которой происходит пополнение склада в начале каждого периода поставок, то возникнут затраты на омертвление денежных средств, пропорциональные числу элементов, неостребованных к концу периода поставки.

Таким образом, затраты на омертвление денежных средств являются случайной величиной, т. к. число требований на элементы электрооборудования данной номенклатуры – величина случайная, зависящая от количества и рода заявок на технологические присоединения.

Если принять, что поток требований на элементы электрооборудования является пуассоновским случайным процессом [2, 3], то математическое ожидание $M[L_{\text{ом}}]$ затрат на омертвление денежных средств $L_{\text{ом}}$ можно рассчитать по формуле [4]:

$$M[L_{\text{ом}}] = C_{\text{д}} \left[\exp\left(\frac{T}{365} \ln(1+E)\right) - 1 \right] \times \sum_{k=0}^{n-1} (n-k)P_k, \quad (5)$$

где $C_{\text{д}}$ – стоимость одной хранимой детали, руб.;

E – нормативный коэффициент экономической эффективности капиталовложений;

k – индекс суммирования;

P_k – вероятности пуассоновского распределения:

$$P_k = \frac{(\lambda T)^k}{k!} e^{-\lambda T}, \quad (6)$$

где λ – интенсивность потока требований на элементы электрооборудования данной номенклатуры в течение рассматриваемого периода поставок, требований/сут.

Величина штрафа за невыполнение сроков технологического присоединения пропорциональна времени просрочки. Коэффициент пропорциональности составляет определенную законодательством долю от стоимости договора

между заказчиком и сетевой организацией, осуществляющей технологическое присоединение, за каждый день просрочки [1]. Если принять, что просрочка является следствием дефицита элементов электрооборудования данной номенклатуры на складе, то выражение для величины штрафа имеет вид:

$$L_{\text{ш}} = \begin{cases} q\tau C_{\text{дог}}(k-n), & k > n; \\ 0, & k \leq n, \end{cases} \quad (7)$$

где q – коэффициент неустойки, представляющий долю от стоимости договора за один день просрочки, 1/сут.;

τ – количество дней просрочки, сут.;

$C_{\text{дог}}$ – стоимость договора между заказчиком и сетевой организацией на проведение технологического присоединения, руб.;

k – количество требований на элементы электрооборудования данной номенклатуры в течение рассматриваемого периода поставок.

Величина штрафных выплат является случайной величиной, т. к. случайным является число требований k на элементы электрооборудования. Математическое ожидание дискретной случайной величины рассчитывается по формуле:

$$M[L_{\text{ш}}] = \sum_{k=0}^{\infty} L_{\text{ш}} P_k. \quad (8)$$

Подставляя в формулу (8) равенства (6) и (7), после вычислений получим выражение для расчета математического ожидания величины штрафных выплат за невыполнение сроков договора в развернутом виде:

$$M[L_{\text{ш}}] = q\tau C_{\text{дог}} \sum_{k=n+1}^{\infty} (k-n)P_k. \quad (9)$$

Выражения (4), (5), (6) и (9) описывают все три составляющие функции затрат (1), которую, таким образом, в развернутом виде можно представить выражением:

$$M[L] = \frac{C_{\text{xp}} n T}{2} + C_{\text{д}} \left[\exp\left(\frac{T}{365} \ln(1+E)\right) - 1 \right] \times \sum_{k=0}^{n-1} (n-k)P_k + q\tau C_{\text{дог}} \sum_{k=n+1}^{\infty} (k-n)P_k. \quad (10)$$

Таблица 1 – Численные значения параметров функции затрат на железобетонные стойки СВ-95-3

$C_{\text{хр}}$	$C_{\text{дог}}$	$C_{\text{д}}$	T	E	q	τ	n
руб./сутки	10^4 руб.	руб.	сутки	относительные единицы	относительные единицы	сутки	шт.
0,1	2755	3772	182	0,15	0,0025	1	491

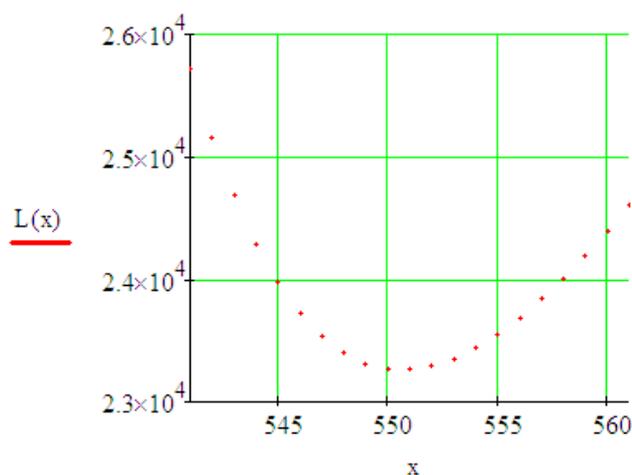


Рис. 1. График функции затрат на железобетонные стойки СВ-95-3

Итак, выражение (10) описывает функцию затрат за период между поставками запасных элементов электрооборудования данной номенклатуры для проведения технологического присоединения энергопринимающих устройств к электрическим сетям.

Численные оценки

Рассмотрим результаты численной оптимизации функции затрат (10) на примере железобетонных стоек СВ-95-3. В качестве сетевой организации, осуществляющей технологическое присоединение, выбран Кетовский район электрических сетей филиала «Курганские электрические сети» ПАО «Сибирско-Уральская энергетическая компания».

Численные значения параметров функции затрат на железобетонные стойки СВ-95-3 (10), предоставленные этой сетевой организацией на декабрь 2017 г., приведены в таблице 1.

Оптимизация проводилась с помощью системы автоматизации математических вычислений MathCAD 15.0. Ниже приведен график функции затрат, который имеет выраженный минимум.

Численные расчеты показали, что минимум функции затрат достигается при оптималь-

ной величине запаса железобетонных стоек СВ-95-3, равной $n_{\text{опт}} = 551$ шт. Значение самой функции затрат при этом составляет $L_{\text{опт}} = 23\,260$ руб.

Стоит отметить, что величина $n = 491$, до которой происходит пополнение склада железобетонными стойками СВ-95-3, была получена экстраполяцией спроса на эти стойки с помощью временных рядов.

Вывод

Функция затрат (10) позволяет рассчитать издержки при создании резерва элементов электрооборудования, необходимого для технологических присоединений энергопринимающих устройств к электрическим сетям. Минимум этой функции соответствует оптимальной величине запаса элементов электрооборудования данной номенклатуры. Например, оптимальный запас железобетонных стоек СВ-95-3, созданный в Кетовском районе электрических сетей филиала «Курганские электрические сети» ПАО «Сибирско-Уральская энергетическая компания», составляет $n_{\text{опт}} = 551$ шт. Значение самой функции затрат при этом равно $L_{\text{опт}} = 23\,260$ руб.

Рекомендации

Функция затрат (10) на запасные элементы электрооборудования для осуществления технологического присоединения энергопринимающих устройств к электрическим сетям может быть использована сетевыми организациями, проводящими технологические присоединения, с целью оптимизации величины созданного запаса.

Список литературы

1. Об утверждении правил недискриминационного доступа к услугам по оперативно-диспетчерскому управлению в электроэнергетике и оказания этих услуг, правил недискриминационного доступа к услугам администратора торговой системы оптового рынка и оказания этих услуг и правил технологического присоединения энергопринимающих устройств по-



требителей электрической энергии, объектов по производству электрической энергии, а также объектов электросетевого хозяйства, принадлежащих сетевым организациям и иным лицам, к электрическим сетям : постановление Правительства РФ от 27.12.2004 г. № 861.

2. Рыжиков Ю. И. Теория очередей и управление запасами. СПб. : Питер, 2001. 384 с.

3. Вентцель Е. С., Овчаров В. А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. М. : Высш. шк., 2000. 480 с.

4. Расчет затрат, связанных с омертвлением денежных средств, при функционировании электроремонтных предприятий / В. А. Буторин, И. Б. Царев, М. А. Малышев, И. А. Пястолова // Вестник науки Казахского государственного агротехнического университета им. С. Сейфуллина. Астана. 2010. № 4 (66). С. 128–132.

Буторин Владимир Андреевич, д-р техн. наук, профессор, кафедра «Электрооборудование и электротехнологии», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: butorin_chgau@list.ru.

Саплин Леонид Алексеевич, д-р техн. наук, профессор, ООО «Челябинский компрессорный завод».

E-mail: Lsaplin49@mail.ru.

Царев Игорь Борисович, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Электрооборудование и электротехнологии», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: tsarev@citydom.ru.

* * *

УДК 631.362.33

ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ НОВОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ ЗЕРЕН КУКУРУЗЫ ОТ ПОЧАТКОВ

Р. Н. Велиев

В настоящее время как при существующей технологии уборки, так и в устройствах для отделения зерен кукурузы от початков в основном используют рабочие органы ударного действия, что при работе приводит от 2–3% и более повреждению зерен. В то же время початки от зерен очищаются не полностью. Установлено, что полное извлечение зерен из початков, а также доведение поврежденных зерен до минимума возможно при использовании принципа внутреннего сцепления со сжатием и кручением початков с использованием эксцентрично установленной к барабану прижимной площадки с резиновой поверхностью. На основании исследований обоснованы параметры режима работы, что позволило разработать экспериментальное устройство, работающее по этому принципу. Проведены лабораторные и хозяйственные испытания экспериментальной установки, в результате которых определено, что обеспечивается высокая степень полноты отделения зерен от початков кукурузы, снижается до минимума (менее 1%) макро- и микроповреждаемость зерен по сравнению с существующими початкоочистительными устройствами. Поэтому рекомендуемое устройство может быть использовано не только в хозяйственных, но и в селекционных целях.

Ключевые слова: кукурузный початок, стержень, зерно, барабан, вход, выход, стабилизирующий механизм.

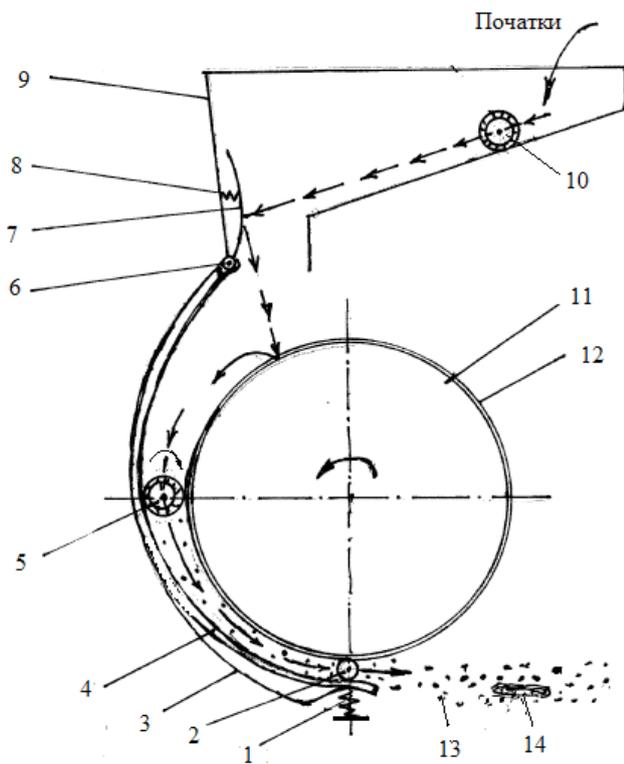
Кукурузные зерна являются высококачественным зерновым продуктом. Более 26% производства зерна в мире приходится на кукурузу. Производительность кукурузы в 2–3 раза больше производительности пшеницы. Кукуруза широко используется в качестве пищевого продукта, сырья для кормовой и легкой промышленности [1, 2, 3].

Как при существующей технологии уборки, так и в устройствах для отделения зерен кукурузы от початков в основном используют рабочие органы ударного действия, что при работе приводит к повреждению зерен до 2–3% и более. Вместе с тем початки от зерен очищаются не полностью.

При использовании поврежденных в процессе отделения от початков зерен кукурузы в качестве посевного материала они либо вообще не прорастают, либо дают слабые всходы, что приводит к уменьшению производительности. Кроме того, как хранение, так и использование поврежденных зерен в пищевой промышленности связано с затруднениями. Так, при хранении таких зерен они быстро покрываются плесенью, а также подвергаются различным заболеваниям, что ухудшает качество изготовленных из них продуктов. Поэтому кукурузные зерна как до отделения их от початков, так и в процессе отделения не должны повреждаться.



В качестве исполнительного элемента используется рабочий орган с металлической поверхностью. В результате при отделении зерен от початков на них в той или иной мере образуются макро- и микроповреждения. Кроме того, при этом способе зерна с початков отделяются не полностью, что в конечном счете приводит к лишним потерям [3, 4, 5]. Поэтому определение и обоснование основных параметров для разработки нового устройства, не повреждающего зерна в процессе отделения их от початков кукурузы, является важной и актуальной задачей.



- 1 – пружина прижимного устройства, сжимающая побарабань к барабану; 2, 13, 14 – очищенный стержень; 4 – резиновая поверхность побарабань; 5 – момент сдавливания и скручивания початка; 6 – шарнирный узел побарабань и сферического отражателя; 7 – сферический отрагатель; 8 – пружина сферического отражателя початка; 9 – бункер; 10 – движение початка на поверхности бункера; 11 – барабан; 12 – резиновый покров барабана

Рис. 1. Принципиальная схема барабанного экспериментального устройства, отделяющая зерна кукурузы от початков

Экспериментальное устройство

Анализ существующих способов и устройств по извлечению зерен из початков кукурузы показывает, что полное извлечение зерен из початков, а также предотвращение макро- и микроповреждений зерен возможно при использовании принципа внутреннего сцепления со сжатием и кручением початков с использованием барабана с резиновой поверхностью. При работе с устройством такого типа початки кукурузы должны подаваться параллельно контактной поверхности и в зависимости от диаметра початков находиться между двумя поверхностями все время с определенным сжатием. Мы исследовали параметры режима работы, а затем разработали устройство, работающее по этому принципу (рис. 1).

Основными рабочими органами устройства являются барабан 11, прижимная площадка 4 и прижимное устройство 1, прижимающее прижимную площадку к барабану.

Прижимная площадка установлена эксцентрично относительно барабана так, что образованное между ними вогнутое пространство является камерой отделения зерна от початков. Внутренние зазоры камеры: на входе – зазор больше, чем диаметр початков и он не изменяется, на выходе – зазор меньше диаметра початков и он регулируем. Поэтому при работе устройства попавшие из бункера с помощью подающего – направляющего питателя в камеру початки захватываются быстро вращающимся барабаном, который сжимая и скручивая початки, в уменьшающемся зазоре камеры подталкивает их к выходу. При этом принудительно вращаясь и скручиваясь вокруг своей оси, початки по мере приближения к выходу прижимаются и скручиваются все с большей силой. В результате этих воздействий зерна еще до выхода отрываются от стержня початков и вместе с очищенным стержнем через выход сбрасываются наружу, собираясь в кучу или в мешки, заранее зацепленные через крючки на выходе устройства.

Вал барабана и прижимной площадки насажены на подшипники, опоры которых закреплены на стационарную раму. Барабан приводится в движение посредством электродвигателя, закрепленного на раме устройства.

Методы и результаты исследований

Наиболее важными и основными вопросами устройства являются определение и обоснование следующих параметров:

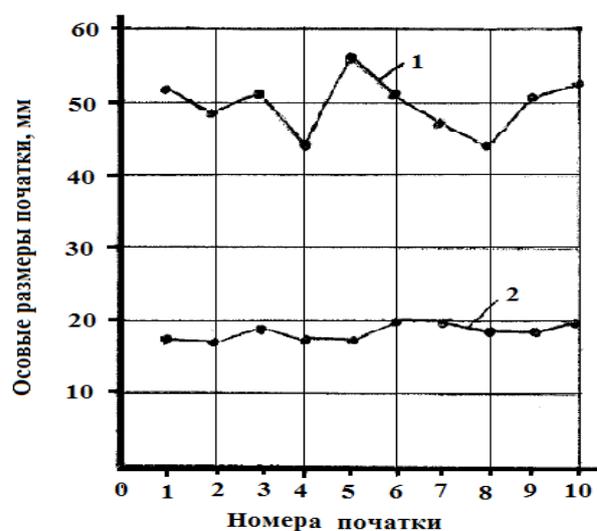
- рациональной ширины и частоты вращения барабана;
- входного и выходного зазоров между барабаном и прижимной площадкой;
- необходимая жесткость пружин прижимного механизма, который стабилизирует зазор между барабаном и прижимной площадкой на выходе из камеры отделения семян от початков.

Ширина барабана, зазоры между барабаном и прижимной площадкой на входе и выходе устройства зависят от физико-механических свойств сортов кукурузы, используемых в республике, от линейных параметров их початков, таких как длина, максимальный и минимальный диаметры, а также максимальный и минимальный диаметры стержня початка. Поэтому нами в качестве основной цели при дальнейшей работе было поставлено определение и обоснование наиболее значимых параметров камеры для отделения зерен от початков нового устройства, таких как значение входного и выходного зазоров между барабаном и прижимной площадкой с учетом характеристик районированных в нашей республике сортов кукурузы.

Объекты экспериментального исследования

В экспериментальных исследованиях мы изучали характеристики и использовали сорта, районированные и используемые в Республике Азербайджан, такие как: Закатала-68, Закатала-514, Закатала-420, а также созданные учеными Азербайджанского государственного

аграрного университета сорта: Гянджа-2004, Кяпаз-2005, ADAU-2010 и более производительный сорт ADAU-2016. При экспериментальных исследованиях для определения размеров початков нами использованы кукурузные початки вышеуказанных сортов, выращенные в республике в 2015, 2016 и 2017 годах. Для экспериментов указанные сорта были взяты из различных источников: с базаров, из фермерских хозяйствах, из сушильных фермерских площадок и т.д. Пятикратно были замерены



- 1 – максимальный диаметр початков;
- 2 – минимальный диаметр стержней

Рис. 2. График изменения параметров исследуемых кукурузных початков

Таблица 1 – Основные линейные размеры початков и их стержней

Номера образца	Размеры початков, мм				Диаметр стержней, мм	
	Общая длина, L	Длина средней части, l	Максимальный диаметр, d_1	Минимальный диаметр, d_2	Максимальный, d_3	Минимальный, d_4
1	171,2	156	50,2	40,1	37,5	18,2
2	164,1	102	49,1	39,1	32,3	17,3
3	206,0	196	51,3	40,3	39,5	19,0
4	155,0	105	44,5	35,2	32,0	18,0
5	145,3	96,5	56,2	50,0	37,2	18,0
6	170,2	160	50,2	40,1	40,5	20,0
7	195,1	168	55,0	45,1	48,1	20,0
8	146,2	134	45,6	35,6	40,0	19,0
9	209,0	190	51,5	41,2	35,5	19,6
10	210,2	186	52,5	41,5	39,2	20,0
Среднее значение	177,1	149,3	50,7	40,7	38,5	19,4



их соответствующие линейные размеры, затем были определены их средние значения, результаты которых приведены в таблице 1 и на рисунке 1.

Выбор параметров экспериментальной установки

Из таблицы и рисунка видно, что размеры початков как по длине, так и по диаметру изменяются в широком диапазоне. Например, длина початков изменяется от 155 мм до 210,2 мм, его максимальный диаметр от 44,5 мм до 56,2 мм. Минимальный диаметр стержней початков изменяется от 17,3 мм до 20,0 мм. Вышеуказанные параметры являются основными параметрами, учитываемыми при конструировании нового устройства для отделения зерен кукурузы от початков. Так, длина початков используется для обоснования ширины барабана, максимальный диаметр початков используется для обоснования зазора между барабаном и прижимной площадкой на входе, а минимальный диаметр стержней початков – для обоснования зазора между барабаном и прижимной площадкой на выходе. По полученным выше данным, ширина барабана должна быть не менее 210,0 мм, зазор между барабаном и прижимной площадкой на входе не менее 56,2 мм и зазор между барабаном и прижимной площадкой на выходе максимум 17,3 мм.

Было определено, что для устойчивой работы устройства зазор между барабаном и прижимающим к нему початки площадкой должен быть соответственно в пределах на входе – 56 мм (counts) и на выходе – 17 мм. Разница зазоров на входе и выходе достигается за счет эксцентricности установки осей вращения прижимной площадки и барабана. Кроме того, установлено, что для стабилизации зазоров на выходе должен быть специальный автоматически стабилизирующий механизм. В работе [2] нами определено, что в силу простоты устройства таким механизмом может быть нажимной стабилизирующий механизм с пружиной жесткостью 100 Н/см. Поверхность барабана и прижимной площадки была покрыта пористой резиной. Проведенные лабораторные и лабораторно-хозяйственные испытания установки показали, что в устройстве происходит полное отделение зерен от початков без их макро- и микроповреждений. При этом производительность установки составила 500–600 кг/час, частота вращения барабана –

500 об./мин, потребная мощность установки составила 2,2 кВт.

Выводы

1. В хозяйственных условиях Республики Азербайджан изучены и определены физико-механические свойства зрелых початков кукурузы. В результате было установлено, что максимальная длина початков составляет 210 мм, а максимальный диаметр 56 мм. При этом минимальный диаметр стержня початки составил 17 мм. Эти данные были приняты за основу для разработки и обоснования камеры отделения зерен от початков кукурузы нового устройства для отделения зерен от зрелых початков с минимальным их повреждением.

2. В новом экспериментальном устройстве для отделения зерен от зрелых початков кукурузы без их повреждений жесткость пружины автоматического механизма стабилизирующего зазора выходного отверстия камеры для отделения зерен от початков должна быть для левой и правой пружин порядка 100 Н/см.

3. Проведенные лабораторные и хозяйственные испытания экспериментальной установки показали, что по сравнению с существующими початкоочистительными устройствами предлагаемое устройство обеспечивает более высокую степень полноты отделения зерен от початков. При этом макро- и микроповреждаемость зерен снижается до минимума и составляет менее одного процента. Исходя из вышеизложенного, рекомендуемое устройство можно использовать не только для хозяйственных, но и для селекционных целей.

Список литературы

1. Велиев Р. Н. Обоснование разработки малогабаритного устройства для отделения зерен кукурузы от початков / Национальная Академия, Гянджинский региональный научный центр // Научные известия. Гянджа, 2013. № 52. С. 121–125.
2. Велиев Р. Н. Анализ работы устройств, отделяющих зерна кукурузы от початков // АТУ, Устойчивое развитие и технологические инновации : матер. Междунар. науч.-практ. конференции. Гянджа, 2014. С. 249–251.
3. Мамедов А. И. Обмолот початков кукурузы // Аграрная наука. 1915. № 11. С. 30–31.
4. Кукурузоуборочные машины / К. В. Шатилов [и др.]. М. : Машиностроение, 1981. 224 с.

5. Шпокас Л., Вилгаков В., Пектявчук С.
Экспериментальное исследование процесса
уборки кукурузы на зерно // Науковий Вісник
НАУ. Київ, 2005. С. 184–193.

Велиев Рамиль Назим оглы, старший преподаватель, диссертант, Азербайджанский техно-
логический университет, город Гянджа.
E-mail: v_ramin@bk.ru.

* * *

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СИСТЕМЫ «ОПЕРАТОР-МАШИНА-СРЕДА» В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ

К. В. Глемба, А. В. Гриценко, Ю. И. Аверьянов, А. М. Плаксин

Рассмотрены вопросы системного подхода к исследованию взаимосвязей между показателями человеко-машинной системы на транспортных работах и пути повышения безопасности функционирования ее элементов. Проблема повышения безопасности при управлении мобильными машинами человеком-оператором остается нерешенной до сих пор. Необходимо изучать принципиальные и проблемные вопросы снижения риска травмирования путем предупреждения дорожно-транспортных происшествий, вопросы снижения тяжести их последствий. При выполнении транспортных работ из-за влияния внешних условий и параметров постоянно изменяющейся производственной среды часто возникают рассогласования между элементами технологической системы, что приводит к резкому возрастанию числа отказов, которые в целом снижают уровень безопасности транспортных работ. В результате анализа влияния основных факторов на уровень риска при выполнении оператором транспортных работ установлено: необходимо исследовать характер изменения входных и внутренних факторов, их влияние на уровень риска подсистемы «оператор»; работа системы оператор-машина проходит в условиях постоянно изменяющихся характеристик входных факторов, т.к. они не подчиняются определенной закономерности и носят случайный характер; количественная оценка подсистемы «оператор» определяется показателем квалификации как функцией от быстродействия и правильности выполнения действий; для повышения уровня выходных факторов системы необходимо повысить функциональную возможность подсистемы «оператор». Сформирована динамическая модель риска системы технологической системы, позволяющая объективно проанализировать основные факторы, влияющие на уровень риска при выполнении оператором транспортных работ. Получены зависимости между количественными и качественными показателями технологической системы, в частности, с учетом функциональных возможностей человека-оператора мобильной машины. С ростом величины уровня квалификации оператора при условиях полной приспособленности машины к управлению процессом и оптимальных условиях производственной среды, критерий риска технологической системы имеет резкий спад даже при относительно низком начальном повышении показателя квалификации в диапазоне от 0 до 0,3. Результаты исследований послужат материалом для формирования математической модели функционирования подсистемы «оператор-машина» и для определения уровня критерия риска в эргатических системах управления.

Ключевые слова: риск, травмирование, оператор мобильных машин, транспортный комплекс, транспортные работы, показатель квалификации, функциональные возможности оператора.

С ростом автомобильного парка и скоростей передвижения автомобилей возникают и серьезные задачи, связанные с повышением качества и безопасности выполнения транспортных работ. Решение этих задач должно осуществляться комплексно с учетом функциональных возможностей всех звеньев социально-технической системы, для чего необходимо использовать методологический подход в решении проблемы управления адаптивностью элементов эргатической системы управления «оператор-машина-среда» (ЭСУ О-М-С) [1, 2]. Анализ состояния риска на транспорте показал, что принципиальные и проблемные вопросы снижения риска травмирования путем предупреждения

дорожно-транспортных происшествий, снижения тяжести их последствий решены еще не в полной мере [3]. Исследователями выявлено, что при выполнении транспортных работ из-за влияния внешних условий и параметров постоянно изменяющейся производственной среды часто возникают рассогласования между элементами технологической системы О-М-С, что приводит к резкому возрастанию числа их отказов, которые в целом снижают уровень безопасности транспортных работ [4].

В настоящее время все сложнее становятся функциональные взаимосвязи между человеком и техническими системами. Автоматизация многих процессов доведена до совершенства,

но в системах управления до 95% причинами отказов все еще являются ошибочные действия человека [5]. Отказы в системе управления оператор-машина представляют большую угрозу для безопасности человека. Можно с полной уверенностью утверждать, что не все люди одинаково «приспособлены» природой для выполнения тех или иных операторских функций. Индивидуальные особенности интеллекта, способность переносить нагрузку и т.д. ведут к тому, что пригодность людей к определенному виду деятельности различна. Степень согласования между требуемой и имеющейся способностью к труду выражает степень пригодности к осуществлению той или иной деятельности.

В основе деятельности оператора мобильных машин лежат формирующиеся в его сознании информационные модели – совокупность информационного потока от условий выполнения транспортных работ и от машины, дающей оператору целостное представление о состоянии объекта управления и внешней среды [6, 7]. Однако для управления мобильной машиной недостаточно только воспринимать информацию, а необходимо также понять ее смысл, оценить ее значение для выполнения целенаправленных действий [8, 9].

Проблема повышения безопасности при управлении мобильными машинами человеком-оператором остается нерешенной до сих пор [10]. Причина кроется в невозможности человеком выполнять какие-либо форматируемые действия. Альтернативным вариантом остается только полная автоматизация системы, но это неосуществимо, так как невозможно природно-биологические факторы формализовать в плане информационного поля. Например, управляя автомобилем, водитель реагирует на непрерывные изменения дорожной обстановки и принимает соответствующие решения, при этом он использует, с одной стороны, ранее накопленный опыт, с другой – интуитивно прогнозирует положение своего автомобиля и других участников движения на проезжей части. Сложность же анализа причинно-следственных связей состоит в том, что в них фигурируют уже существующие элементы и состоявшиеся события, но как же быть со случайными процессами и с событиями, которые еще не свершились [11]?

При испытании мобильных машин на испытательных станциях в основном возникает

лишь задача по определению технологических и экономических показателей их работы. Причем контроль параметров безопасности машины считается второстепенным. Кроме того, испытания машин преимущественно направлены на оценку их технической безопасности и лишь частично на оценку технологической безопасности. Несмотря на наличие значительного количества исследований процесс оценки безопасности технологической системы О-М-С остается недостаточно изученным. Поиски критерия для количественной оценки безопасности технологической системы О-М-С и риска травмирования оператора осложняются тем, что нет еще целостной научной концепции данной проблемы [12].

Большинству исследований по определению риска в ЭСУ характерны методологические трудности, которые заключаются в следующем: недостаточно известны возможности человека; трудно разложить поведение человека на «элементарные» операции; предположение о независимости «элементарных» операций или ошибок друг от друга часто оказывается неверным. Основная трудность в использовании методов оценки надежности операторов заключается в том, что большинство методик базируется на знании априорных вероятностей безошибочного выполнения операции или заданного алгоритма, в то время как они ориентировочно известны только для узкой области исследованных операций [13].

В настоящее время отсутствует система оценки риска травмирования оператора мобильной машины в технологической системе О-М-С при выполнении транспортных работ. Отсюда следует, что необходим иной методологический подход к исследованию методов и средств повышения безопасности выполнения транспортных работ в технологической системе О-М-С с учетом совершенствования свойств составляющих ее элементов, что безусловно является актуальной проблемой [14].

Теоретические исследования

Известно, что безопасность технологической системы О-М-С зависит от факторов опасности, заложенных в каждой из ее подсистем, то есть в операторе, в машине и среде. Исследователи выделяют следующие факторы, определяющие уровень возникновения опасных ситуаций по вине человека [15]:



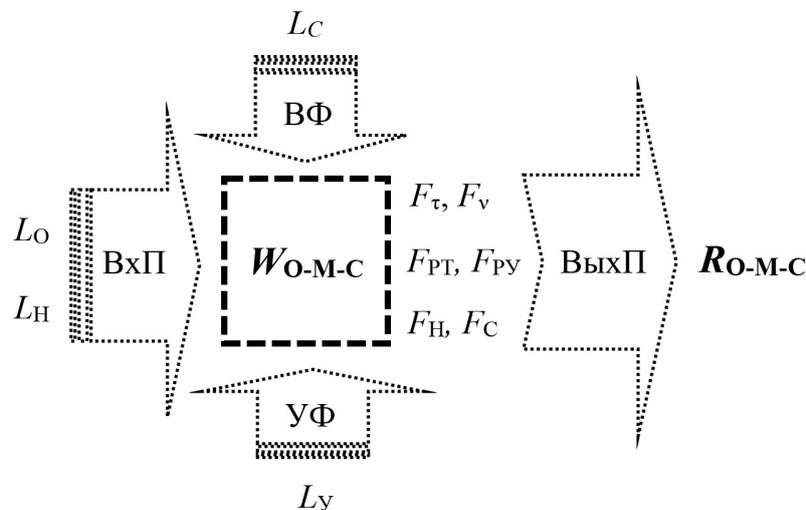
- биографические и антропометрические (возраст, стаж, образование, квалификация, пол и т.д.);
- психофизические и физические (внимание, эмоции, воля, реакция, выносливость, координация движения и др.);
- социально-психологические (удовлетворенность работой, климат в коллективе и т.п.);
- климатические (метеорологические факторы, солнечная активность и др.).

В текущей деятельности водителя можно отметить протекание четырех процессов: выделение источника информации и прогнозирование, восприятие, принятие решения, реализация решения (управляющие воздействия на мобильную машину). Каждый из этапов характеризуется вопросом, на который возможно несколько ответов в виде качественных показателей: да, нет, ошибочно, недостаточно и т.д. [16, 17]. При этом исследователями было установлено, что основными причинами опасных происшествий на транспорте были ошибочно или плохо воспринятая информация (51%), а также неверно

обработанная информация (41%). Если информация спрогнозирована, воспринята, правильно проанализирована, то система О-М-С вероятно будет функционировать безотказно.

Детальный анализ перечня оценочных показателей безопасности системы О-М-С показал, что в ней отсутствует критерий оценки риска R травмирования оператора при выполнении транспортных работ, который учитывал бы показатели квалификации оператора [18, 19], условия производственной среды [20, 21], приспособленность машины к управлению.

Количественная мера риска системы О-М-С может быть представлена величиной переменной под воздействием множества факторов, что прослеживается на модели безопасности системы О-М-С (рис. 1). Элементы модели представлены в виде входных и выходных параметров, возмущающих и управляющих факторов. Выходные параметры представлены в виде: временных и точностных показателей деятельности оператора системы [17]; показателей управления системой регулировками



W_{O-M-C} – показатель безопасности системы О-М-С; ВхП, ВыхП – входные и выходные параметры; ВФ, УФ – возмущающие и управляющие факторы; L_O, L_y, L_H, L_C – входящие потоки множества параметров соответственно деятельности оператора системы, режима управления и функционирования системы, надежности элементов системы, условий производственной среды; F_{τ}, F_v – множества временных и точностных выходных эргономических показателей; F_{PT}, F_{PY} – множества выходных показателей управления системой соответственно регулировками техническими (устранение отказа элементов) и технологическими (устранение нарушения протекания процесса функционирования); F_H, F_C – множества выходных показателей надежности и окружающей среды (производственных: микроклиматических, климатических, метеорологических)

Рис. 1. Динамическая модель риска системы О-М-С под действием множества внутренних и внешних факторов

техническими и технологическими [22]; показателей надежности [3]; показателей производственных и окружающей среды [20, 21].

Показатель безопасности системы О-М-С определится процессом ее функционирования, являясь функционалом от этого процесса:

$$W_{\text{О-М-С}} = F(L_{\text{О}}, L_{\text{У}}, L_{\text{Н}}, L_{\text{С}}), \quad (1)$$

где F – множество показателей эффективности системы.

В свою очередь:

$$L_{\text{О}} = \{F_{\tau}, F_{\nu}\}; L_{\text{У}} = \{F_{\text{ПТ}}, F_{\text{ПУ}}\}; L_{\text{Н}} = \{F_{\text{Н}}\}; \\ L_{\text{С}} = \{F_{\text{С}}\}. \quad (2)$$

Значения компонентов множеств $\{F_{\tau}, F_{\nu}\}$, $\{F_{\text{С}}\}$ определяются условиями работы, а также конкретными процессами соответственно деятельности операторов и протекания среды в рассматриваемой системе О-М-С:

$$F_{\tau} = f_1(P_{\text{К}}, P_{\text{ПР}}, P_{\text{У}}); F_{\nu} = f_2(P_{\text{К}}, P_{\text{ПР}}, P_{\text{У}}); \\ F_{\text{С}} = f_3(P_{\text{П.С}}, P_{\text{О.С}}), \quad (3)$$

где $P_{\text{К}}$ – параметр, определяющий функциональный процесс деятельности оператора в составе системы О-М-С (показатель квалификации);

$P_{\text{ПР}}$ – параметр, характеризующий степень приспособленности машины к выполнению своих функций именно в составе данной системы и при данных условиях работы;

$P_{\text{У}}$ – параметр, определяющий удобство работы оператора в рассматриваемой системе с учетом условий, непосредственно влияющих на выходные эргономические показатели его деятельности;

$P_{\text{П.С}}$, $P_{\text{О.С}}$ – параметры, определяющие условия производственной и окружающей среды, влияющих на выходные показатели системы.

В свою очередь показатель $P_{\text{К}}$ профессиональной квалификации оператора при выполнении транспортных работ может быть оценен следующими факторами [16, 17]: фактор ν характеризует эффективный объем правильно выполненных оператором управленческих воздействий в технологическом процессе; фактор τ характеризует затраты времени оператором на управленческие воздействия или на устранение нарушений в технологическом процессе.

В результате исследований определились рамки допущений по τ и ν : ($P_{\text{К}} = 1$; $\nu = 1$; $\tau = 1$); ($P_{\text{К}} = 0,18$; $\nu = 0,2$; $\tau = 1$); ($P_{\text{К}} = 0,5$; $\nu = 0,6$; $\tau = 1,5$). При транспортных работах следует учитывать приспособленность машины к управлению $P_{\text{ПР}}$, которая сочетается с показателем управляемости $P_{\text{У}}$, в свою очередь зависящим от загрузки оператора функциями управления и снижающийся с ростом величины энергозатрат на процесс управления, приближаясь к некоторому номинальному значению $P_{\text{УНОМ}} = 0,33$, соответствующему полной загрузке оператора [16, 19]. Дальнейшее увеличение энергозатрат приводит к более интенсивному снижению $P_{\text{У}}$ вследствие перезагрузки оператора и невыполнении им заданных функций управления. С учетом выше сказанного была определена взаимосвязь показателя уровня квалификации оператора $P_{\text{К}}$ с критерием оценки риска R его травмирования в системе О-М-С ($R_{\text{О-М-С}}$). Принимаем также следующие ограничения по показателям: $P_{\text{П.С}}$ и $P_{\text{О.С}}$ – показатели условий производственной и окружающей среды, изменение которых исключалось из рассмотрения, а их значения принимались максимально возможные, то есть $P_{\text{ПР}} = P_{\text{П.С}} = P_{\text{О.С}} = 1$ [20, 21].

Рассмотрим подробнее показатель профессиональной квалификации оператора $P_{\text{К}}$ при восприятии и выполнении управленческих воздействий (в т.ч. при обслуживании, устранении отказов, ремонте и т.д.). Он также может быть оценен выше описанными факторами ν и τ [17, 19]:

- фактор ν характеризует эффективный объем правильно выполненных оператором управленческих воздействий в технологическом процессе и выражается отношением:

$$\nu = N_{\text{Ф}}/N_{\text{Н}}, \quad (4)$$

где ν – доля фактически правильно выполненных оператором управленческих воздействий в общем, нормированном количестве необходимых управленческих воздействий;

$N_{\text{Ф}}$ – фактическое количество правильно выполненных оператором управленческих воздействий, ед.;

$N_{\text{Н}}$ – нормированное количество необходимых для оператора управленческих воздействий, обеспечивающее качественное и безопасное управление машиной, ед.;

- фактор τ характеризует затраты времени оператором на управленческие воздействия при



устранении нарушений в технологическом процессе (например, устранение рассогласования регулируемых параметров в механизме и т.д.) и представляет собой отношение:

$$\tau = t_{\phi}/t_{н}, \quad (5)$$

где τ – доля эффективного времени, затраченного оператором на управленческое воздействие;

t_{ϕ} – фактическое время, затрачиваемое оператором на управленческие воздействия, мин;

$t_{н}$ – нормированное время, затрачиваемое оператором на управленческие воздействия, обеспечивающее качественное и безопасное управление машиной, мин.

Математическое моделирование

Явление аварийных ситуаций на автомобильном транспорте относится к категории прогнозируемых, связывающих будущее с прошлым. Для их оценки и прогнозирования используются математические методы, которые могут быть разделены на две группы: детерминированные и вероятностные. Первые целесообразно применять, основываясь на принципе соответствия нормативным показателям, вторые – при комплексной оценке вероятности возникновения аварийной ситуации с множеством случайных параметров [3, 13].

Вероятностный принцип оценки безопасности на транспорте реализуется при непрерывном анализе изменения параметров и функций состояния динамической системы и поэтапно-последовательного анализа. Этот подход находит реализацию в применении: логико-вероятностного метода, метода дерева отказов, метода Марковских процессов, метода статистических испытаний (Монте-Карло) и др. [3].

Для успешной количественной оценки риска в ЭСУ необходимо определить виды отказов: первичные отказы – результат старения в пределах технических условий, вторичные – возникающие в результате воздействия окружающей среды, дороги, ошибок человека-оператора или внутреннего противоречия в системе. Знание вида отказа позволяет уточнить исходные события и провести более точный количественный анализ, однако большие деревья отказов трудны в понимании, не совпадают с обычными схемами протекания процессов и математически неоднозначны, метод требует использования сложной логики. Большинство нарушений в сложных

системах нельзя отнести к простым ситуациям типа «работает – не работает», а последствия выхода параметров функционирования систем за установленные границы многообразны, и их невозможно предсказать [14].

В ЭСУ у человека-оператора отказами являются ошибки при восприятии, опознании, принятии решений, выполнении управляющих действий, прекращении работы под влиянием стрессовых воздействий и т.п. Надежность деятельности оператора определяется количественно вероятностью безотказной работы в течение времени t [3]:

$$P_o(t) = k_o P_{\text{биол}}(t) P_{\text{псих}}(t), \quad (6)$$

где $P_o(t)$ – вероятность безотказной работы оператора в течение времени t , с;

k_o – коэффициент готовности оператора, равный вероятности приема информации в произвольный момент времени;

$P_{\text{биол}}(t)$ – биологическая надежность в течение времени t , с;

$P_{\text{псих}}(t)$ – психологическая надежность (безошибочность) работы оператора за время t ;

t – время выполнения безотказной работы, с.

Вероятность выполнения оператором определенного алгоритма можно найти:

$$P_{\text{алг}}(T) = P_{\text{без}}(T) P_{\text{св}}(T), \quad (7)$$

где $P_{\text{без}}(T)$ – вероятность безошибочного выполнения алгоритма;

T – время выполнения алгоритма, с;

$P_{\text{св}}(T)$ – вероятность своевременного выполнения алгоритма, можно найти:

$$P_{\text{св}}(T) = P(T \leq T_{\text{доп}}), \quad (8)$$

где $T_{\text{доп}}$ – допустимое время выполнения алгоритма, с.

Для структурного метода, базирующегося на подробном анализе деятельности оператора с последующим описанием алгоритмов преобразования им информации как совокупности дискретных операций определенного типа, основным является выражение:

$$P(\Delta t) \approx 1 - e^{(-\lambda \Delta t)}, \quad (9)$$

где $P(\Delta t)$ – вероятность того, что в промежутке времени Δt произойдет хотя бы одно событие потока, т.е. промежутков не будет пуст.

Вероятность отсутствия ошибок при выполнении k операций j -го вида при использовании структурного метода рассчитывается по формуле:

$$P_k = e^{(-\lambda, k_j)} = e^{-(1-p_j)k_j}, \quad (10)$$

где $\lambda = n_j/N_j T_j$ – интенсивность ошибок в операциях j -го вида;

N_j, n_j – общее число операций j -го вида и допущенное при этом число ошибок соответственно, ед.;

T_j – среднее время выполнения операции j -го вида, с, $p_j = (N_j - n_j)/N_j$ – вероятность безошибочного выполнения операций j -го вида.

Вероятность безошибочного выполнения всего комплекса операций определяется по формуле:

$$P_{\text{Оп}} = \prod_{j=1}^r P_{k_j} = e^{\left(-\sum_{j=1}^r (1-p_j)k_j\right)}. \quad (11)$$

Основная трудность при использовании структурного метода заключается в определении вероятностей безошибочного выполнения человеком-оператором каждой оперативной или функциональной единицы (технологической операции).

На основе полученных данных в процессе теоретических исследований проведен анализ алгоритмов математической обработки данных – аддитивной, мультипликативной и смешанной. При этом учитывались характеристики параметров динамической модели, число которых должно быть минимальным, учитывалась точность математической модели и ее удобство для использования. В результате была принята зависимость мультипликативного вида [17, 19]:

$$P_k(\tau, \nu) = a \cdot e^{b \cdot \tau} \nu^c, \quad (12)$$

где a, b, c – параметры зависимости.

Найдем значения параметров a, b, c , исходя из указанных выше ограничений, для чего составляем и решаем систему уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} 1 = a \cdot e^{b \cdot 1} \cdot 1^c \\ 0,18 = a \cdot e^{b \cdot 1} \cdot 0,2^c \\ 0,5 = a \cdot e^{b \cdot 1,5} \cdot 0,6^c \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} a \cdot e^b = 1 \\ 0,18 = 0,2^c \\ 0,5 = e^{0,5 \cdot b} \cdot 0,6^c \end{array} \right\}. \quad (13)$$

Решая систему (13), получим:

$$\left\{ c = \frac{\ln 0,18}{\ln 0,2} = 1,065 \right\}; \left\{ b = \frac{\ln 0,862}{0,5} = -0,298 \right\};$$

$$\left\{ a = \frac{1}{e^{-0,298}} = 1,347 \right\}. \quad (14)$$

Подставив полученные значения параметров в математическую модель (12), определим, что:

$$P_k = 1,347 e^{-0,298 \tau} \nu^{1,065}. \quad (15)$$

Заменив значения τ и ν из выражений (4) и (5), получим окончательный вид математической модели показателя квалификации:

$$P_k = 1,347 e^{-0,298 \left(\frac{t_{\Phi}}{t_H}\right)} \left(\frac{N_{\Phi}}{N_H}\right)^{1,065}. \quad (16)$$

Результаты исследований

Для расчета величины показателя квалификации P_k оператора мобильной машины введем ряд ограничений для функции $P_k(\tau, \nu)$. Поскольку нормированное время t_H фиксировано, а фактическое время изменяется в пределах $t_H \leq t_{\Phi} \leq +\infty$, то эффективный объем правильно выполненных оператором управленческих воздействий в технологическом процессе должен определяться в пределах $1 \leq \tau \leq 5$, а доля фактически правильно выполненных оператором управленческих воздействий ν в общем нормированном количестве N_H должна изменяться в пределах $0,2 \leq \nu \leq 1$. Выбор нижнего и верхнего пределов по τ и ν производился на основании анализа проведенных теоретических исследований. Для решения системы уравнений, включающей указанные ограничения, необходимо определить оптимальное значение реперных точек, от которых будет зависеть точность искомой функции, описывающей указанную теоретическую зависимость. Следует отметить, что для выявления реперных точек задавались крайние значения показателей квалификации. При этом значение $\tau = 1,5$ принимаем на основании учета характера эластичности построения графика зависимости [17, 19].

На рисунке 2 показан график зависимости показателя квалификации P_k от факторов



N_{ϕ} и t_{ϕ} , причем поверхность отклика ограничена кривыми, изменяющимися по линейному и экспоненциальному законам. При анализе этого графика видно, что показатель квалификации P_K носит линейный характер по отношению к показателю v , и виден резкий характер уменьшения кривых с увеличением временного интервала t_{ϕ} при выполнении ответных действий (операций) на возникновение технологических нарушений. Следует отметить, что оба фактора являются значимыми и информативными для задач тренажирования операторов.

В связи с этим следует отметить, что предложенный показатель квалификации оператора может быть использован не только для оценки профессиональной квалификации операторов при их обучении, но и оценки риска его травмирования в результате ошибочных действий в технологических процессах. Определим взаимосвязь показателя уровня квалификации оператора и критерия риска его травмирования с учетом показателя управляемости P_v . Для этого все операции, связанные с управлением системы «оператор-машина», в первом приближении можно разбить на три группы [12]:

- общее количество операций (N) при управлении системой «оператор-машина» на транспортных работах;

- количество операций (n_1), обеспечивающих безопасное управление машиной оператором с учетом его профессиональной квалификации;

- количество операций (n_2), необходимое для безопасного управления системой «оператор-машина» на транспортных работах с учетом показателя управляемости.

В связи с этим количество операций n_1 и n_2 можно представить в виде следующих выражений:

$$n_1 = N \cdot P_K; \quad n_2 = n_1 \cdot P_v, \quad (17)$$

где P_K – показатель оценки профессиональной квалификации, изменяется от 0 до 1;

P_v – показатель управляемости машиной, изменяется от 0,33 до 1.

Закономерность изменения критерия риска травмирования оператора R_{O-M-C} при указанных операциях технологического процесса примет вид [12, 19]:

$$R_{O-M-C} = 1 - \left(\frac{0,6N + 2}{N(N + 2)} n_1 + \frac{0,4(N^2 + 3N - 2n_1)}{N(N + 2)(n_1 + 1)} n_2 \right). \quad (18)$$

Задавая исходные данные в диапазонах варьирования $N = 1-20$ ед. и $n_1 = 1-10$ ед. при условии $n_2 = n_1$, введем функцию для расчета критерия технологической безопасности от количества безопасных операций управления машиной, по которой можно определить, что критерий риска системы О-М-С повышается с увеличением общего количества операций N , и наоборот, снижается по мере увеличения количества операций n_2 при фиксированном количестве операций n_1 . Рассмотрим зависимость критерия риска от показателя квалификации оператора P_K при условии, что показатели условий производственной среды и приспособленности машины к управлению процессом идеальны, то есть $P_{П.С} = P_{O.C} = P_{П.Р} = 1$. Тогда зависимость R_{O-M-C} с учетом показателей управляемости машиной P_v и оценки профессиональной квалификации P_K примет вид [12, 19]:

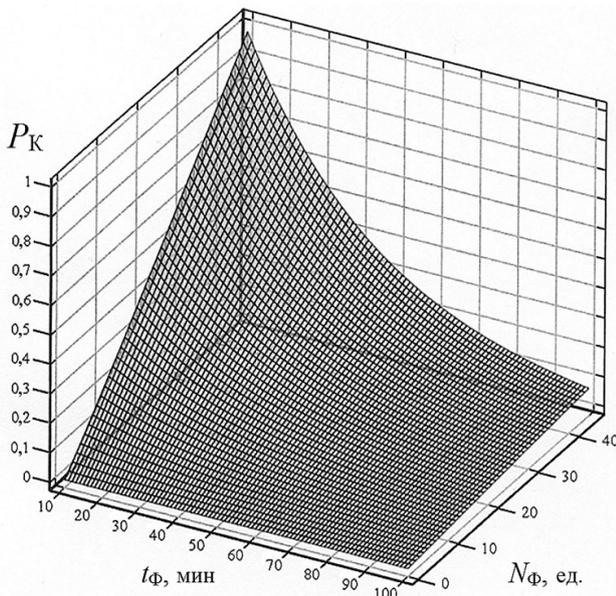


Рис. 2. График зависимости коэффициента квалификации P_K от фактического времени t_{ϕ} , затрачиваемого оператором на управленческие воздействия, и фактически правильно выполненных управленческих воздействий N_{ϕ}

$$R_{O-M-C} = 1 - \frac{P_K}{N+2} \times \left(1 + 0,3N + 0,2P_y \frac{N+3-2P_K}{P_K+1/N} \right). \quad (19)$$

В случае отклонения показателей $P_{П.С}$, $P_{О.С}$ и $P_{П.Р}$ от идеальных условий зависимость (19) определится математическим выражением (20) и графической зависимостью (рис. 3):

$$R_{O-M-C} = 1 - \frac{P_K}{N+2} \times \left(1 + 0,3N + 0,2P_y P_{П.С} P_{О.С} P_{П.Р} \frac{N+3-2P_K}{P_K+1/N} \right). \quad (20)$$

Таким образом, с ростом величины показателя уровня квалификации оператора при условиях полной приспособленности машины к управлению процессом и оптимальных условиях производственной среды, критерий риска технологической системы О-М-С имеет резкий спад даже при относительно низком начальном повышении показателя квалификации оператора P_K в диапазоне от 0 до 0,3.

Выводы

Сформирована динамическая модель риска системы О-М-С, позволяющая объективно проанализировать основные факторы, влияющие на уровень риска при выполнении оператором транспортных работ. В результате исследований установлено следующее:

- влияние разнородных факторов на эмерджентность технологической системы подтверж-

дает необходимость системного подхода к исследованию;

- наиболее существенное влияние на уровень риска оказывают не только входные факторы подсистемы О-М и состояние подсистемы «машина», но и эргономические показатели, выраженные через функциональную возможность подсистемы «оператор» и обобщенные через комплексный показатель – уровень квалификации;

- анализ математической модели системы показывает необходимость исследования характера изменения входных, внутренних факторов и их влияние на уровень риска подсистемы «оператор»;

- работа системы О-М проходит в условиях постоянно меняющихся характеристик входных факторов, т.к. они не подчиняются определенной закономерности и носят случайный характер;

- количественная оценка подсистемы «оператор» определяется показателем квалификации как функцией от быстродействия и правильности выполнения действий оператора;

- для повышения уровня выходных факторов системы необходимо повышать функциональную возможность подсистемы «оператор».

Получены зависимости между количественными и качественными показателями технологической системы О-М-С, в частности, с учетом функциональных возможностей человека-оператора мобильной машины. Результаты исследований послужат материалом для формирования математической модели функционирования подсистемы «оператор-машина» и для определения уровня критерия риска в ЭСУ.

Будущая работа

Анализ математических методов, применяемых для оценки и прогнозирования возникновения риска на транспорте в динамических ЭСУ, показал, что каждому из них присущи как достоинства, так и определенные недостатки, обусловленные отсутствием достоверной информации по ряду показателей.

Следует отметить, что пределы функционирования ЭСУ определяются условиями и воздействиями, приводящими к срыву деятельности человека-оператора. Степень согласованности качества информационного потока, характеристик технических средств и психофизических характеристик человека-оператора опре-

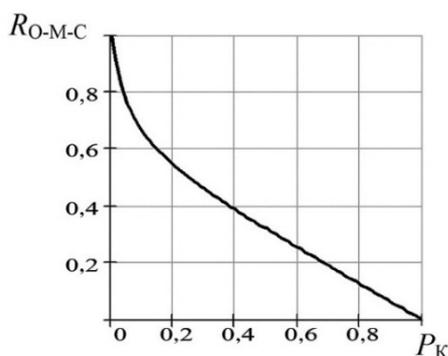


Рис. 3. Зависимость критерия риска R_{O-M-C} технологической системы О-М-С от показателя квалификации оператора P_K



деляют уровень безопасности системы в целом. Задействовать же резерв снижения риска возможно путем совершенствования центрального звена ЭСУ – человека-оператора, а также руководствуясь следующими требованиями.

- Разделения циркулирующего информационного потока в ЭСУ по критерию ценности, ее формализации.

- Выработки конвергентного мышления у человека-оператора, что послужит основой формализации его действий в ЭСУ.

- Применение гендерного подхода в исследованиях безопасности ЭСУ.

- Профессионального отбора (или ограничения в работе) человека-оператора по психофизиологическим признакам.

Деятельность оператора мобильной машины жестко лимитирована по времени. Он должен получать информацию об окружающей обстановке, выделять из общего потока информации нужную и важную, опираясь на оперативную память запоминать текущие события, связывать их в единую цепочку и подготавливать их связь с предполагаемыми событиями, которые он может предвидеть. На каждом из этапов обработки поступающей водителю информации возможны специфические ошибки, приводящие к отказу взаимодействия элементов динамической системы О-М-С.

С целью повышения безопасности транспортных работ очень важно изучить особенности взаимодействия элементов системы О-М-С, где основным является подсистема «оператор». Возникает необходимость в обосновании оценочных критериев, в определении взаимосвязи теоретических и экспериментальных зависимостей с показателями профессиональной квалификации оператора, с приспособленностью (эргономичностью) машины к технологическому управлению в штатных и внештатных ситуациях. При этом показатели оценки подсистем «оператор», «машина» и «среда» должны описываться сопоставимыми количественными характеристиками.

Список литературы

1. Оценка потенциальной технологической безопасности подсистемы «машина» / Ю. Г. Горшков [и др.] // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2003. № 12. С. 40–41.

2. Глемба К. В., Ларин О. Н., Аверьянов Ю. И. Аспекты повышения безопасности подсистемы

«оператор» на колесном транспорте // АПК России. 2014. Т. 70. С. 34–42.

3. Ларин О. Н., Глемба К. В. Обзор методов определения надежности оператора в динамических эргатических системах // Транспорт Урала. 2012. № 1 (32). С. 17–22.

4. Глемба К. В., Аверьянов Ю. И. Выявление и совершенствование проблемных взаимосвязей структурных элементов системы безопасности движения мобильных машин // Вестник ЧГАА. 2013. Т. 66. С. 25–34.

5. Глемба К. В., Аверьянов Ю. И., Глемба В. К. Методы оценки информационной перегрузки оператора в процессе управления машиной // Вестник ЧГАА. 2010. Т. 56. С. 5–10.

6. Горбачев С. В., Глемба К. В. Влияние на безопасность движения уровня формализации информационного потока в эргатических системах // Вестник ОГУ. 2011. № 10 (129). С. 88–93.

7. Глемба К. В. Влияние пертинентности информационного поля на безопасность дорожного движения // АПК России. 2014. Т. 68. С. 7–13.

8. Глемба К. В. Влияние перцептивных процессов пространственного восприятия участников дорожного движения на их безопасность // Вестник ЧГАА. 2012. Т. 62. С. 26–31.

9. Ларин О. Н., Глемба К. В. Влияние условий организации дорожного движения на процесс восприятия водителем информации // Ежемесячный научный информационный сборник «ТРАНСПОРТ: наука, техника, управление». М. : ВИНТИ РАН, 2012. № 11. С. 55–57.

10. Ларин О. Н., Майоров В. И., Глемба К. В. Вопросы применения системного подхода для повышения безопасности дорожного движения // Ежемесячный научный информационный сборник «ТРАНСПОРТ: наука, техника, управление». М. : ВИНТИ РАН, 2013. № 11. С. 52–55.

11. Глемба К. В., Ларин О. Н. Системный подход к поиску резерва повышения БДД в крупных городах России // Актуальные проблемы автотранспортного комплекса: межвуз. сб. науч. статей. Самара : СамГТУ, 2013. С. 165–181.

12. Современные методы оценки безопасности и эргономичности системы «оператор-машина-среда» / Ю. И. Аверьянов, К. В. Глемба, С. А. Спекторук, В. Н. Мельник // Вестник ЧГАУ. 2005. Т. 45. С. 12–17.

13. Глемба К. В. Многокритериальный подход к исследованию оценки безопасности в системах принятия решений при управлении

автомобилем // *Материалы IV Междунар. науч.-практич. конф. «Проблемы и перспективы развития евроазиатских транспортных систем»*. Челябинск : ЮУрГУ, 2012. С. 45–55.

14. Глемба К. В., Ларин О. Н. Проблемы управления мобильными машинами и обоснование структурных взаимосвязей человекo-машинных систем // *Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Транспорт России: проблемы и перспективы-2013»*. СПб : Ин-т проблем транспорта РАН им. Н. С. Соломенко, 2013. С. 152–159.

15. Факторы опасности мобильных технологических процессов / Ю. Г. Горшков [и др.] // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 2003. № 7. С. 4–6.

16. Глемба К. В., Аверьянов Ю. И. Результаты исследования режимных параметров тренажа операторов мобильных машин // *Материалы конференции*. Челябинск : ЧГАА, 2015. С. 134–140.

17. Показатель уровня квалификации оператора мобильной сельскохозяйственной машины / Ю. Г. Горшков [и др.] // *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. 2005. № 3. С. 32.

18. О показателях условий труда и утомляемости операторов мобильных машин сельскохозяйственного назначения / Ю. Г. Горшков, Ю. И. Аверьянов, К. В. Глемба, И. Н. Старунова // *Наука*. 2003. № 2. С. 11–17.

19. Глемба К. В. Улучшение условий труда и снижение травматизма операторов мобильных колесных машин сельскохозяйственного назначения : дис. ... канд. техн. наук. Челябинск, 2004. 190 с.

20. Аверьянов Ю. И., Глемба К. В., Кожанов В. Н. Интегральный критерий оценки комфортности условий микроклимата в кабинах мобильных сельхозмашин // *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. 2005. № 4. С. 36–38.

21. Glemba K. V., Averianov Y. I. Substantiation of parameters and operation modes of device for thermal comfort of a mobile machine operator // *Procedia Engineering*. 2015. Vol. 129. P. 542–548.

22. Безопасность технического обслуживания машин / Ю. Г. Горшков [и др.] // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 2003. № 11. С. 21–22.

Глемба Константин Вячеславович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка, и технология и механизация животноводства», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет; доцент кафедры «Автомобильный транспорт», ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».

E-mail: glemba77@mail.ru.

Гриценко Александр Владимирович, д-р техн. наук, профессор кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка, и технология и механизация животноводства», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет; профессор кафедры «Автомобильный транспорт», ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».

E-mail: alexgrits13@mail.ru.

Аверьянов Юрий Иванович, д-р техн. наук, профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности», ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».

E-mail: averianovyi@susu.ru.

Плаксин Алексей Михайлович, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка, и технология и механизация животноводства», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: plaksin-am@mail.ru.

* * *

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ «ПРОФИТМИЛК» ДЛЯ ОЧИСТКИ СЫРОГО МОЛОКА

А. Н. Козлов, В. И. Шатруков, П. А. Плескачев

Для тонкой очистки сырого молока предлагаем конструктивно-технологические разработки фильтров полипропиленовых, работающих под действием вакуума и напора. В фильтрах устанавливают картриджи многослойные, с прямоугольной, волнообразной и шестигранной формами внешней поверхности. В основу высокотехнологических разработок фильтров сырого молока заложен способ изготовления картриджей. Согласно данному способу, он формируется из технологически обоснованных независимых групп слоев с различными диаметрами нитей, что обеспечивает широкий диапазон их пропускной способности. Для увеличения диаметра нити в каждой последующей группе слоев на 40 мкм, начиная с диаметра нити 70 мкм во внутренней группе слоев, уменьшают давление воздуха, подаваемого к головке экструдера, от первой к последующим экструдерам на 10 кПа, начиная с 80 кПа, доводя диаметр нити в последней группе слоев до 150 мкм. Исследована многоуровневая система очистки молока на доильных установках в процессе машинного доения, состоящая из вакуумных и рукавного фильтров, а также корпуса с боковым патрубком в виде раструба с картриджем с шестигранной формой внешнего слоя. В вакуумных фильтрах слои картриджа изготовлены из нитей разного диаметра. В проходимых каналах, образующихся в слоях с уменьшающейся площадью по ходу движения молока, выявили эффект ползучего течения. Скорость фильтрации при ползучем течении можно принять пропорционально градиенту скорости. Тогда поток молока движется в ламинарном режиме, что исключает размывание и дробление примесей. Это достигается и в картриджах шестигранной формы.

Ключевые слова: сырое молоко, многоуровневая система очистки, способ, картридж, рукавный фильтр, раструб, шестигранная форма.

При производстве сырого молока необходимо учитывать ряд факторов. Во-первых, прирост удоя у коров начинается с шестой лактации. Однако наибольшее количество молока они недобирают, по сравнению с 13-й лактацией, за первые три лактации. Ввиду этого содержание коров до четвертой лактации является экономически невыгодным [1]. Во-вторых, фактически у коров обнаруживают, как правило, клиническую форму мастита, а необходимо выявлять субклиническую форму. В-третьих, в сыром молоке возможно обнаружить следующие бактерии: молочнокислые, сарцины, маслянокислые, стафилококки, листерии, БГКП, энтерококки, микрококки, сальмонеллы, палочки

протей, клостридии, флуоресцирующие и возбудители болезней мастита, ящура, холеры, туберкулеза, сибирской язвы, бруцеллеза (рис. 1). Главным возбудителем маститов является золотистый стафилококк. Его опасность заключается в выделении токсинов. Он был обнаружен у 17,31% коров, что превысило допустимые нормативы [2]. Поэтому очистка молока с помощью полипропиленовых фильтров – это технический прорыв при первичной обработке молока. Проблема задержки микроорганизмов фильтрами очень важна и сопоставима по значимости с антибиотикорезистентностью микроорганизмов при использовании антибиотиков [3]. Также учитывая, что только с 01.06.2018 г. по

01.06.2019 г. численность коров сократилась более чем на 50 тыс. голов в сельхозпредприятиях, поэтому Минсельхоз России с 2020 года вводит компенсирующую и стимулирующую субсидии [4]. Перспективным направлением является и создание агрохолдингов, имеющих производство сырого молока, собственных перерабатывающих заводов [5].

Для своевременного выявления заболеваний у коров прежде всего необходимо выявлять и очищать сырое молоко от патогенной микрофлоры. На молочных комплексах нами внедрены различные конструкции полипропиленовых фильтров (рис. 2), которые способны задерживать мельчайшие сгустки соматических и бактериальных клеток [6, 7, 8, 9]. Для повышения их эффективности предлагаем многоуровневую систему очистки молока на доильных установках в процессе машинного доения.

Цель работы – улучшить качество очистки молока за счет поэтапного процесса очистки его от примесей.

Результаты исследований

Высокотехнологические полипропиленовые фильтры «ПРОФИТМИЛК» очистки сырого молока (рис. 2) основываются на разрабо-

танном способе изготовления картриджа [10] и экспериментальных исследованиях [11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19]. В предлагаемом способе изготовления фильтрующего элемента для очистки жидких смесей от примесей входят операции: закладка полимерного сырья в дозатор экструдера, расплавление его до пластичной однородной массы, подача к головке экструдера. Одновременно подают воздух к головке экструдера и формируют по меньшей мере одну нить 1 (рис. 3). Ее наматывают на вал экструдера с образованием картриджа трубчатой конструкции с группой ячеек 2. Слои формируются последовательно на отдельных экструдерах с одинаковыми и постоянными режимами работы.

Однако начиная с внутреннего слоя, формируют с увеличенным диаметром нити по сравнению с предыдущей группой слоев. Внутренняя структура слоя неоднородна. Нити расположены в основном в горизонтальной плоскости в виде извилистых, ломаных и прерывистых нитей, разной толщины и конфигурации. Отмечаем и наличие вертикальных нитей 2 (рис. 4). Выявили (рис. 4), что от горизонтальных волокон 1 отходят под разным углом короткие волокна 2, на которых расположены круглой формы блямбы 3. Анализы фотоснимков внутренней структуры

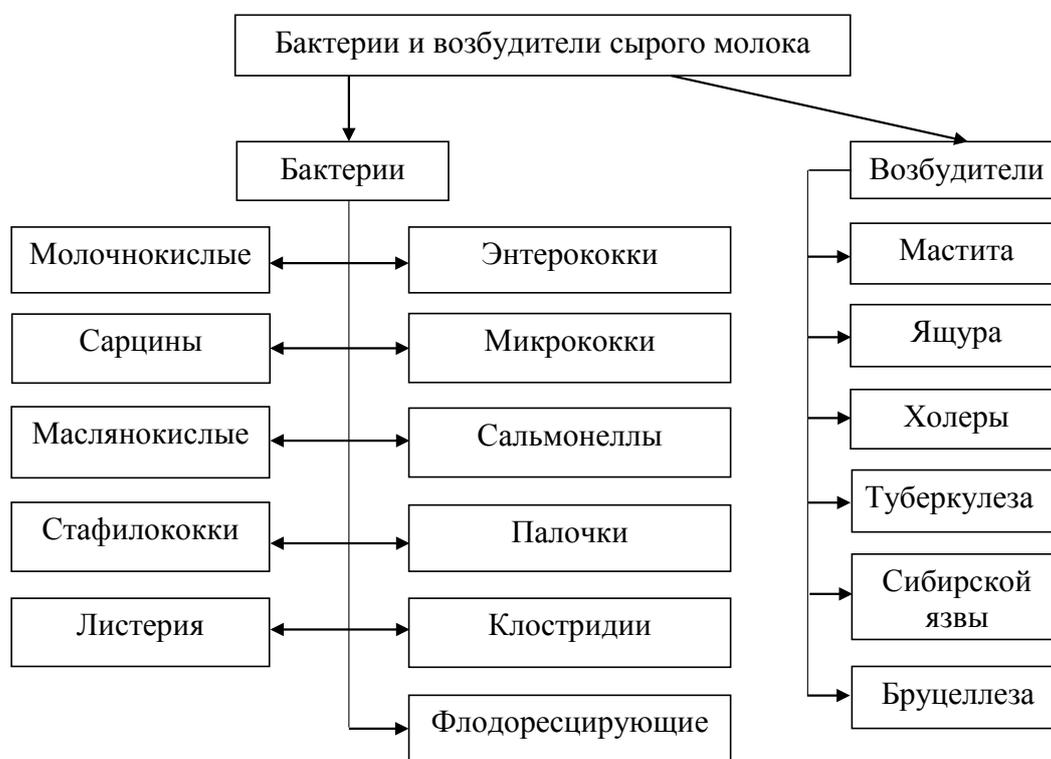
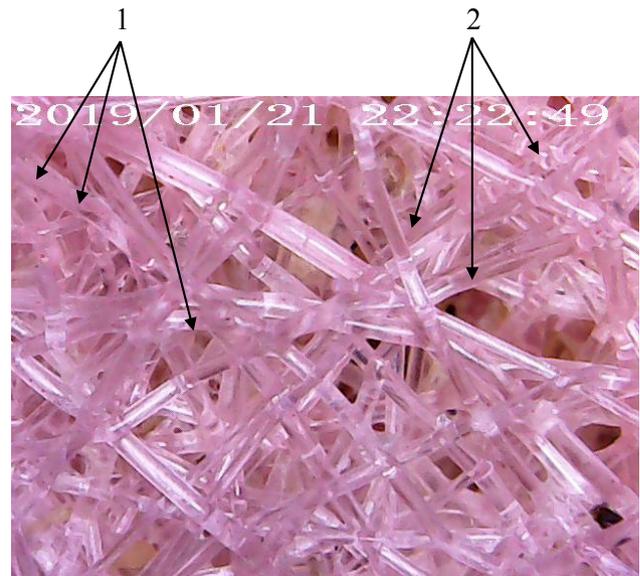


Рис. 1. Структура негативной микрофлоры сырого молока

картриджа показали, что это неопределенное сочетание горизонтальных и вертикальных нитей, спаянных хаотично и точно. Экспериментальными исследованиями обосновали основные режимы работы экструдера. Для увеличения диаметра нити в каждой последующей группе слоев на 40 мкм уменьшали давление воздуха, подаваемого к головке экструдера, от первого к последующим экструдерам на 10 кПа, начиная с 80 кПа. В последней группе слоев доводили диаметр нити до 150 мкм. Такие режимы, как подача воздуха к головке экструдера, возможно осуществлять только с температурой 50...60 °С и по дуге 45...50° для образования из нитей полукольца. При этом выдавливание полимерного сырья из головки экструдера происходило через отверстие диаметром 0,1 мм. Достоверное повышение очистки сырого молока от примесей обеспечивается отдельными группами слоев фильтрующего элемента, последовательно изготовленных на различных экструдерах.



1 – ячейки; 2 – нити полипропиленовые

Рис. 3. Структура полипропиленовых картриджей



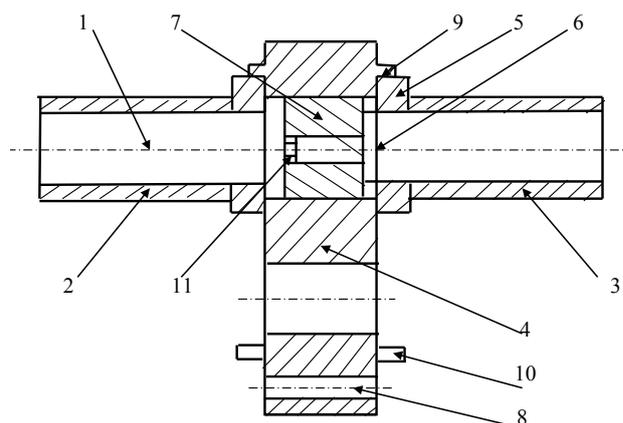
Рис. 2. Высокотехнологические разработки фильтров сырого молока

Многоуровневая система очистки молока на доильных установках в процессе машинного доения предполагает следующие уровни фильтрации. Первый уровень очистки осуществляется на каждой линии доильной установки вакуумными фильтрами. Второй уровень очистки – после сборной групповой емкости молока, за счет давления насоса, рукавными фильтрами. Третий уровень очистки – корпус с боковым патрубком в виде раструба, что увеличивает его площадь фильтрации в 2 раза, и фильтрующим элементом в форме шестигранника с внутренними распределительными камерами компенсирующими давление.

Первый уровень очистки – вакуумный молочный фильтр. Перед началом доения диск фильтрующий 7 (рис. 5) вставляется в сквозное отверстие 6 шиберной заслонки 4 до упора в кольцевой выступ с натяжной посадкой и одновременно в его технологическое отверстие 10 вставляется заглушка 11. После установки диска фильтрующего 7 в шиберную заслонку 4 она перемещается вручную с помощью отверстия 8, и фильтрующий картридж вводится внутрь молочной магистрали доильной установки.

При включении вакуумного насоса доильной установки создается разрежение, которое проходит через вакуумный молочный фильтр, установленный в начале молочной магистрали, и происходит выдаивание молока из вымени животных. За счет разрежения молоко с примесями перемещается в ламинарном режиме по трубопроводу и достигает фильтрующего картриджа 7, в котором происходит поэтапная фильтрация молока от крупных, средних и мелких примесей, что повышает качество фильтрации. По окончании доения шиберная заслонка 4 переводится в положение «закрыто» и фильтрующий картридж вынимается из отверстия 6 шиберной заслонки 4, которая переводится

в режим «открыто». В доильной установке производится технологическая операция промывки молочной магистрали. Физическая сущность картриджа заключается в его компоновке из слоев. Это создает в нем физический эффект ползучего течения. Скорость фильтрации при ползучем течении, согласно закону Гагена-Пуазейля, можно принять пропорционально градиенту скорости потока. В то же время линейная зависимость между скоростью фильтрации и градиентом давления имеет место, так как число Рейнольдса, составленное по диаметру отверстий фильтра, остается достаточно малым. Поэтому через многослойный дисковый фильтр проходит поток несжимаемой жидкости с условием сохранения массы, т.е. произведение плотности сырого молока, поперечного сечения и средней скорости в этом сечении всегда оставалось величиной постоянной.



- 1 – корпус цилиндрический; 2 – патрубок входной;
- 3 – патрубок выходной; 4 – заслонка шиберная;
- 5 – обойма; 6 – отверстие одноступенчатое; 7 – диск;
- 8 – прямоугольник овальный; 9 – выступ;
- 10 – отверстие технологическое; 11 – заглушка

Рис. 5. Вакуумный молочный фильтр



Рис. 4. Фотоснимки внутренней структуры картриджа

Тогда движение молока в трубопроводе происходит в ламинарном режиме, что исключает размывание и дробление примесей. На поверхности фильтрующего элемента в первоначальном состоянии сохраняются сгустки крови, соматические и бактериальные клетки. Это позволяет выявлять степень заболеваемости больных маститом коров на отдельных молочных линиях, на которых работают конкретные мастера машинного доения.

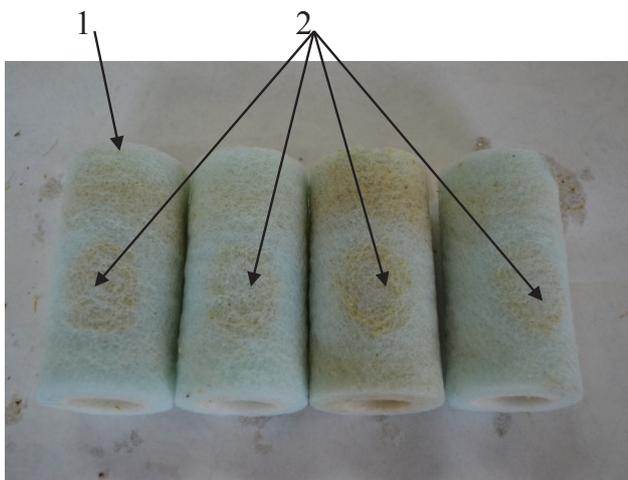
Второй уровень очистки – рукавный фильтрующий элемент. Он обеспечивает равномерное распределение поступающего молока по внешней поверхности фильтрующего элемента, что повышает качество молока и пропускную способность. Для этого на его внешней поверхности в начале и середине закреплены с натягом узкие кольца из полипропилена, что исключает полное смещение примесей молока в верхнюю часть фильтрующего элемента. В процессе работы доильной установки молоко под давлением насоса поступает на начальное кольцо, огибает его и перемещается ко второму кольцу. Это обеспечивает задержку примесей молока в проходных отверстиях данных колец. Молоко очищается от механических примесей, бактериальных и соматических клеток, попадает внутрь фильтрующего элемента и отводится через выходное отверстие.

Третий уровень очистки. В существующих фильтрах вход в корпус молока происходит через патрубок, установленный перпендику-

лярно к его боковой стенке. Молоко ударяется в стенку картриджа 1 и часть примеси в виде пятна 2 оседает на ней (рис. 6).

Основная масса примесей с молоком огибают слева и справа цилиндрический корпус и сталкиваются через 180° . Как показали опыты, примесь оседает только на $1/2$ ее площади относительно входного патрубка. Чтобы вся поверхность была задействована, необходимо, чтобы входной цилиндрический патрубок был выполнен в виде сжатого в вертикальной плоскости раструба 2 (рис. 7). Его площадь сечения соответствует площади сечения кольцевого зазора между корпусом 1 и фильтром.

Движение жидкой смеси в устройстве тогда будет осуществляться как движение в спиральной камере. Все линии тока начинаются в области параллельного потока перед входом в корпус, в которой скорости давления везде одинаковы. Следовательно, и постоянная в уравнении Бернулли, составленная для потока в спиральной камере, одинакова на всех линиях тока. В результате возникают два вторичных потока. Они налагаются на главный поток и перемещают его от картриджа к стенке корпуса, что ухудшает фильтрацию. Наличие раструба исключает образование вторичных потоков молока и сохраняет линейную зависимость между скоростью фильтрации и градиентом давления, что исключает размывание и дробление примесей. Этот эффект усиливается с применением картриджа с волнообразной формой с высотой волны, не изменяющей пропускную способность фильтра.



1 – картридж; 2 – пятна круглой формы

Рис. 6. Фотоснимок примесей молока в виде пятна круглой формы

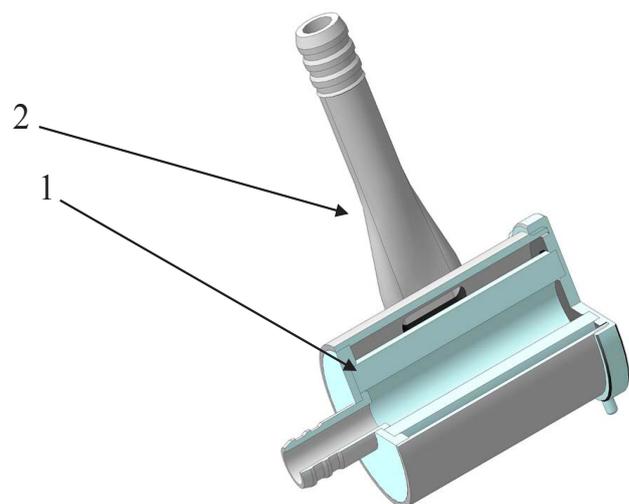


Рис. 7. Камера фильтра с раструбом

Таблица 1 – Результаты контроля количества соматических клеток и бактериальной обсемененности сырого молока в ООО «Заря»

Периодичность опытов	Окраска молока по редуцтазной пробе	Ориентировочное кол-во бактерий в молоке (КОЕ/см ³)	КМАФАнМ, КОЕ/см ³ , не более $1,0 \cdot 10^5$	Количество соматических клеток в 1 см ³ , не более $7,5 \cdot 10^5$
Контрольный	розовая	от 500 тыс. до 4 млн	$9,5 \cdot 10^7$	$1,1 \cdot 10^6$
Через 10 дней	серо-сиреневая	до 300 тыс.	$9,0 \cdot 10^4$	$6,0 \cdot 10^5$
Через 20 дней	серо-сиреневая	до 300 тыс.	$8,0 \cdot 10^4$	$4,0 \cdot 10^5$
Через 30 дней	серо-сиреневая	до 300 тыс.	$8,5 \cdot 10^4$	$5,5 \cdot 10^5$

Фильтрация примесей с исключением размывания и дробления примесей имеет принципиально новый технологический эффект в картридже в форме шестигранника. Выполнение рядов волокон внешнего слоя в форме шестигранника, а не в форме окружности, по всей длине трубчатого патрона вызвано тем, что при обтекании плоской поверхности происходит ускорение внешнего потока молока. Частицы жидкости в пограничном слое преодолевают трение на всем пути движения, что приводит к возникновению ламинарного режима движения и увеличивает радиальное течение через фильтрующую поверхность. Ряды волокон внешнего слоя выполнены в форме шестигранника по всей длине трубчатого патрона и его внутренний ряд волокон образует с внешним рядом волокон внутреннего цилиндрического слоя по всей длине трубчатого патрона пустотелые, в форме неправильных треугольников камеры, изолированные друг от друга. Потoki молока, хаотично поступающие в радиальном направлении в пустотелые, треугольной формы камеры, свободно распределяются по всей их площади фильтрации за счет осевого направления. Уменьшаются микробиологические показатели (табл. 1) по количеству мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов и соматических клеток до соответствия нормативным требованиям.

Внешний слой картриджа изготавливается с диаметром нити 150 мкм. Он улавливает крупные и средние частицы примесей молока, которые свободно проникают вглубь слоя. Это исключает размывание и дробление примесей и обеспечивает в дальнейшем качественную задержку крупных, средних и частично мелких примесей молока. Внутренний слой фильтра изготавливается с диаметром нити 40 мкм,

и его объем ячеек обеспечивает полноценную задержку мелких примесей молока.

Выводы

1. Фильтрация примесей молока, с исключением их размывания и дробления, осуществляется на всех уровнях многоуровневой системы очистки молока на доильных установках в процессе машинного доения.

2. Многоуровневая система очистки молока в составе вакуумных и рукавного фильтров, а также шестигранного фильтра в корпусе с боковым патрубком в виде раструба обеспечивает получение сырого молока высокого качества.

Список литературы

1. Велиток И. Г. Технология машинного доения. М. : Колос, 1978. С. 254.
2. Мониторинг молока коров на наличие стафилококков и соматических клеток как предвестников мастита / О. А. Артемьева [и др.] // Молочное и мясное скотоводство. 2016. № 4. С. 24–27.
3. Щепеткина С. В. Антибиотики в молоке: запретить нельзя, нормировать // Молочная промышленность. 2016. № 10. С. 29–32.
4. Рыбалова Т. И. Молочная индустрия в России: итоги I полугодия // Молочная промышленность. 2019. № 9. С. 4–8.
5. Суровцев В. Н., Никулина Ю. Н. Перспективы развития производства и переработки молока // Молочная промышленность. 2019. № 8. С. 29–32.
6. Пат. 2674197 Российская Федерация. Устройство фильтрации жидких смесей. № 2017144735 ; заявл. 19.12.2017 ; опубли. 23.04.2018.
7. Пат. 185329 Российская Федерация. Устройство фильтрации жидких смесей.



№ 2018118281 ; заявл. 17.05.2018 ; опубл. 23.04.2018.

8. Пат. 2682045 Российская Федерация. Фильтр для очистки молока. № 2018122359 ; заявл. 18.06.2018 ; опубл. 23.04.2018.

9. Пат. 189764 Российская Федерация. Рукавный фильтрующий элемент для очистки молока. № 20191021121 ; заявл. 25.01.2019 ; опубл. 03.06.2019.

10. Способ изготовления фильтрующего элемента для очистки жидких смесей. Положительное решение по заявке № 2018138385.

11. Козлов А. Н., Плескачев П. А. Совершенствование технологии изготовления фильтрующего элемента для очистки жидких смесей // EUROPEAN RESEARCH : сб. ст. XXI Междунар. науч.-практ. конф. : в 2 ч. Пенза : МЦНС «Наука и Просвещение», 2019. Ч. 1. С. 176–179.

12. Плескачев П. А. Необходимость механической очистки сырого молока // Современные тенденции технологического развития АПК : матер. Междунар. науч.-практ. конф. Института агроинженерии, посвящ. 85-летию кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка им. проф. М. П. Сергеева» (Челябинск, 2019) / под ред. проф., д-ра с.-х. наук М. Ф. Юдина. Челябинск : ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2019. С. 74–80.

13. Козлов А. Н., Плескачев П. А. Разработка и исследования вакуумно-напорной

системы очистки сырого молока // Лучшая научная статья-2019 : сб. ст. XXVIII Междунар. науч.-исслед. конкурса. Пенза : МЦНС «Наука и Просвещение», 2019. С. 10–15.

14. Козлов А. Н., Плескачев П. А. Исследование детектора субклинической формы мастита животных // Современная наука: актуальные вопросы, достижения и инновации : IX Междунар. науч.-практ. конференция. Пенза : МЦНС «Наука и Просвещение», 2019. С. 46–53.

15. Козлов А. Н., Черницкий А. В., Аleshин А. В. Адаптивное доильное оборудование : монография. Челябинск : ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2017. 208 с.

16. Козлов А. Н. Повышение работоспособности доильных аппаратов : монография. Челябинск : ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2016. 99 с.

17. Козлов А. Н., Плескачев П. А. Исследование фильтра тонкой очистки сырого молока «Профитмилк» // АПК России. 2018. Т. 25. № 4. С. 544–548.

18. Козлов А. Н., Плескачев П. А. Определение площадей ячеек фильтрующего элемента для очистки сырого молока // АПК России. 2018. Т. 25. № 4. С. 549–556.

19. Козлов А. Н., Шатруков В. И., Плескачев П. А. Расчет фильтра тонкой очистки молока в программе APM WinMACHINE Studio // АПК России. 2018. Т. 25. № 5. С. 616–621.

Козлов Александр Николаевич, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: ankozlov2016@yandex.ru.

Шатруков Виктор Иванович, старший преподаватель, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: v_shatr@mail.ru.

Плескачев Павел Андреевич, магистрант, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: pleskachev_@mail.ru.

* * *

УДК 633/635:631.5

СИСТЕМНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ

Г. А. Окунев, Н. А. Кузнецов, С. С. Канатпаев

Выбор технологии возделывания сельскохозяйственных культур обусловливается природно-производственными факторами конкретного предприятия, применительно к которым формируется структура посевных площадей, обеспечивающая рациональную плодосмену культур и увеличение продолжительности рабочих периодов машинных комплексов с учетом возможностей существующей системы машин, рациональных методов использования технических средств и достижения аграрной науки в реализации ресурсосберегающих технологий.

Ключевые слова: система; комплексный подход, структура, параметр, процесс, технология, сроки работ.

Целью современного сельскохозяйственного производства является создание условий для стабильного конкурентоспособного функционирования предприятий. На результат производства оказывает влияние совокупность природных, биологических, технологических, демографических, технических, экономических и организационных факторов. «...Познание предмета как целого, как системы, как комплекса всегда имеет в качестве центральной задачи познания раскрытие того, что делает его системой и составляет его интегральные свойства и закономерности» [1]. Под системой следует рассматривать ... «совокупность объектов различной материальной природы, связанных

регулярным взаимодействием и существенной взаимной зависимостью, исходя из рассматриваемых целей» [2]. Известно, что эффективность производства зависит от стоимости выхода продукции и затрат на ее производство [3].

Из классической экономической теории известно, что в реализации производственных процессов участвуют предмет труда, средства труда и живой труд. С позиций влияния на конечный результат производства наиболее значимым фактором является потенциал плодородия земли, т.е. система технологических мероприятий должна предусматривать наращивание продуктивного потенциала пашни. По выражению В.Р. Вильямса: «Система земледелия – это спо-



соб восстановления, сохранения и повышения плодородия почвы» [4]. В условиях ограниченного увлажнения, характерного для зоны Урала и Сибири, потенциал урожайности возделываемых культур в значительной мере зависит от реализации комплекса мероприятий по накоплению, сохранению и рациональному использованию влаги зимних и летних осадков. Уровень затрат производства зависит от стоимости затрат энергии и уровня реализации потенциала трудовых и технических ресурсов. Проблема энергоэффективности определяется подбором энергосредств с рациональными параметрами, типом движителей и энергоэффективных рабочих органов [5]. В целях ресурсосбережения структура севооборотов должна решать задачу плодосмены и увеличения рабочих периодов использования техники, в т.ч. и на основе увеличения универсальности машинных комплексов [6, 7].

Методы исследования

Системный подход исследования проблемы, комплексный анализ достижений науки и практик в ее реализации, процессуальный анализ развития технологических процессов.

Таким образом, при проектировании технологических процессов следует учитывать их влияние на поддержание плодородия почвы и формирование ее структуры, комплекс мероприятий по накоплению, сохранению и рациональному использованию влаги, способов защиты растений, энергоёмкости процессов и динамик потребности в трудовых и технических ресурсах (рис. 1).

Развитие системы технологических процессов по возделыванию сельскохозяйственных культур подчиняется жизненным циклам природы и общества и включает периоды адаптации, стабилизации и деградации. В начальный период новая система функционирует в сочетании с процессами существующих технологий, постепенно их замещая и находя с ней рациональное сочетание. По мере целенаправленного переоснащения производства новая система технологий становится определяющей в производственной деятельности предприятий, т.е. наступает период ее адаптации. Учитывая, что научно-технический прогресс постоянно развивается, с появлением новых материалов, технических и технологических решений появляются

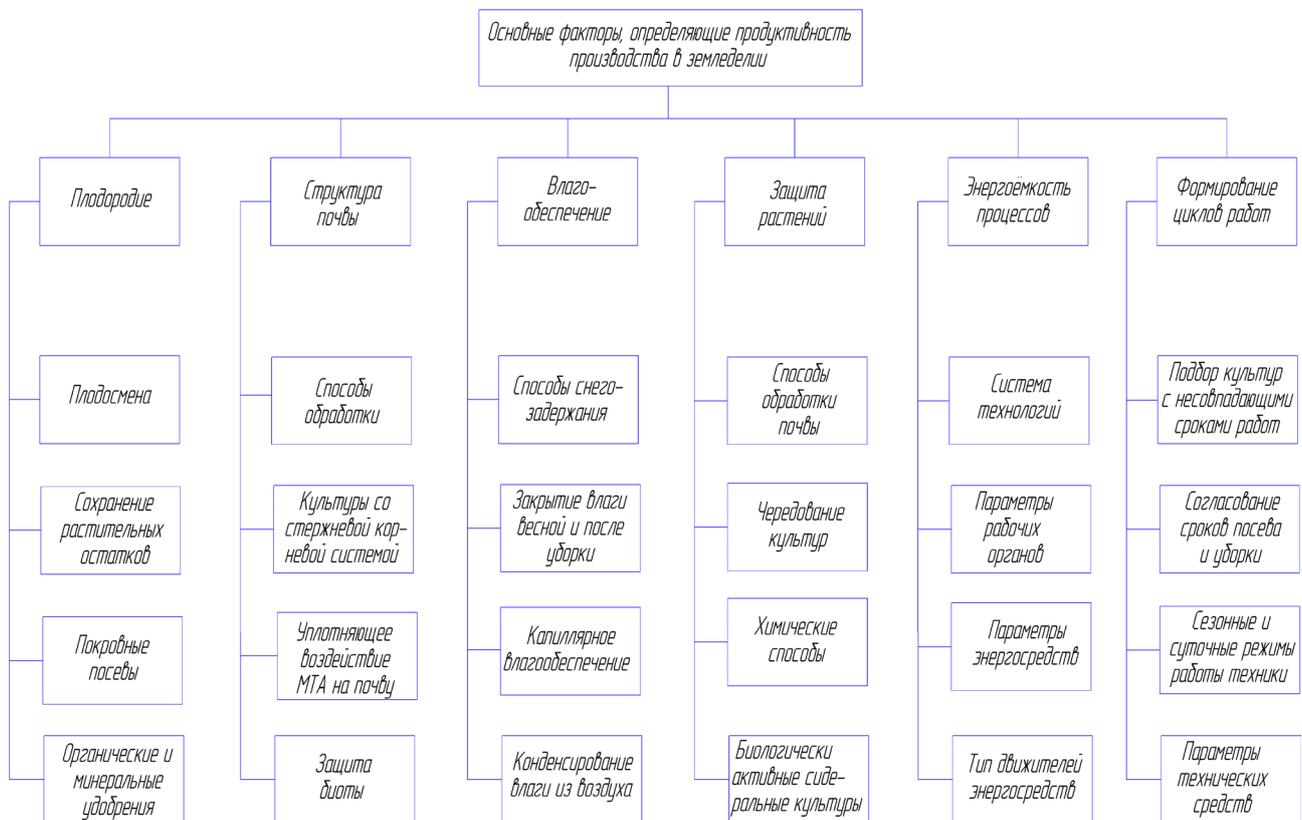


Рис. 1. Структурная схема функционирования технологических процессов при возделывании сельскохозяйственных культур

условия для реализации новой системы технологий, а предыдущая постепенно деградирует, уступая позиции более совершенной системе (рис. 2).

Таким образом, рассматривая процесс развития технологических процессов в земледелии, следует учитывать, что новые решения должны формироваться в совокупности всех элементов системы, т.к. упущение того или иного фактора или технологического приема может негативно отразиться на эффективности производства и привести к отрицанию новой системы земледелия. Так, при реализации системы «NoTill» возникают вопросы борьбы с сорной растительностью, болезнями и вредителями растений, а также создания условий интенсификации переработки растительных остатков в усвояемую органику. Для решения этих вопросов необходимы определенные знания и ресурсы, чего зачастую не хватает. В результате упущений переход на нулевую технологию приводит к снижению урожайности, нарушению биологических процессов в почве, а в ряде случаев к увеличению химических воздействий на поле и получению продукта, порой не пригодного к употреблению.

Процесс системного исследования включает: комплексный подход к анализу проблемы и ее возможных решений; системный подход к исследованию проблемы; системный анализ вариантов решения проблемы имеющимся ресурсным обеспечением. Важным принципом подготовки, оценки и принятия решения является комплексный подход к анализу проблемы и системный подход к оценке ее возможных решений. Он предполагает учет основных факторов, прямо или косвенно влияющих на решение проблемы для принятия решения, на какие цели следует использовать имеющиеся ресурсы [8].

Рассматривая проблему проектирования технологических процессов по возделыванию определенного набора сельскохозяйственных культур, следует исходить из общей системы машин, т.е. чем в идеале можно располагать при решении данной задачи. При этом рассматриваемое предприятие располагает определенным набором техники и технологий, что необходимо учитывать при проектировании технологических процессов и обосновании технического оснащения производства и выборе конкретных машинно-тракторных агрегатов. Выбор технологий и параметров агрегатов зависит от

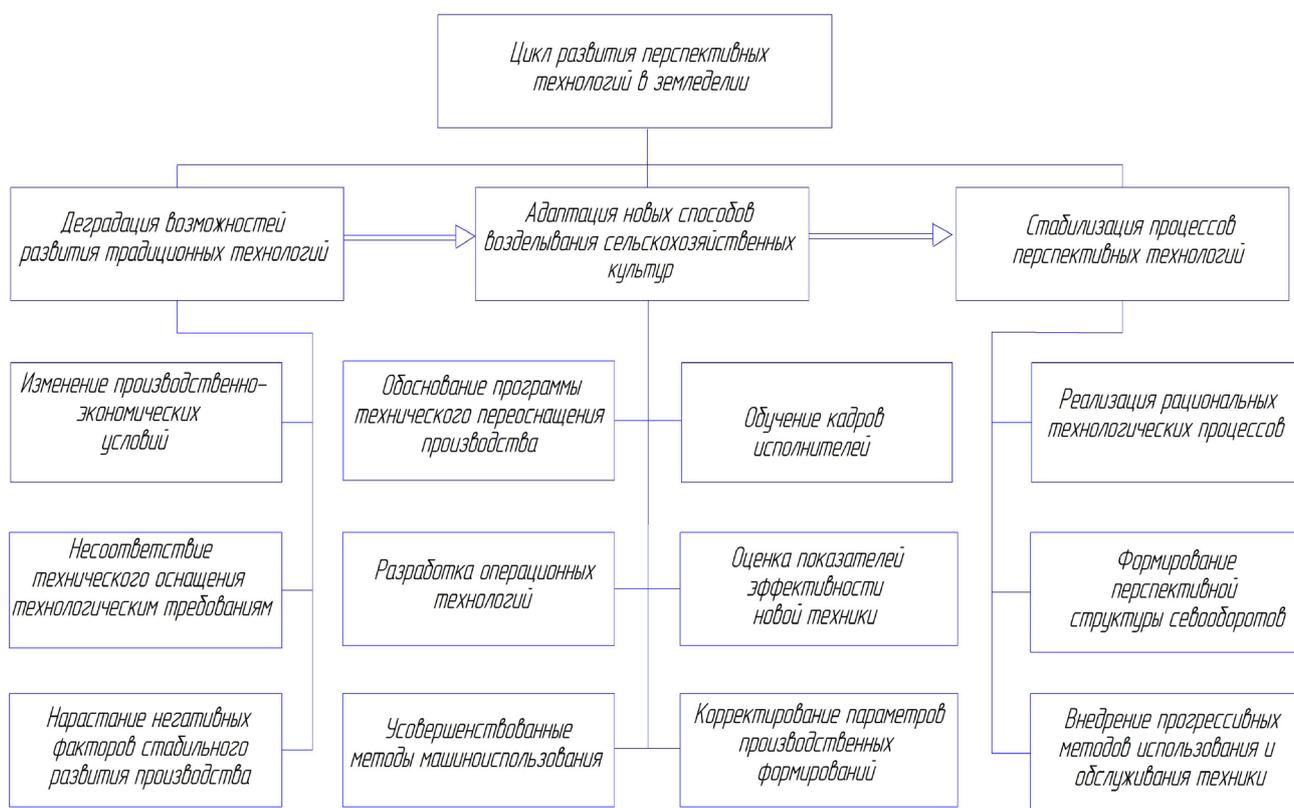


Рис. 2. Процессуальное рассмотрение процессов развития технологий возделывания с.х. культур



достигнутых решений по совершенствованию рабочих органов, оказывающих определяющее влияние на качество технологических процессов и их энергоэффективность. Таким образом, перспективная система технологий должна учитывать современные достижения научно-технического прогресса, реальные условия производства предприятий, эффективные методы реализации потенциала машинных комплексов, согласование возможностей рабочих органов технологическим условиям, обеспечение требований энергоэффективности и надежности машинных комплексов [9, 10, 11].

Система земледелия применительно к конкретным условиям производства должна решать комплекс взаимосвязанных вопросов, обеспечивающих решение следующих задач.

Наиболее полное использование земельных ресурсов с целью увеличения объемов производства достигается замещением парового поля на основе рациональной плодосмены возделываемых культур, а также бинарных посевов – смеси технических культур со стержневой корневой системой и бобовых, обеспечивающих не только взаимную подпитку и стабилизацию урожая, но и формирование улучшенного агрофона для последующих культур.

Формирование технологических приемов, обеспечивающих поддержание плодородия почвы за счет формирования растительных остатков на поверхности поля и создания условий для их разложения в усвояемую растениями органику, в том числе и использованием покровных культур на полях с ранними сроками уборки, а также за счет применения и чередования способов обработки почвы.

Реализация комплекса мероприятий по накоплению, сохранению и рациональному использованию влаги летних и зимних осадков использованием очесывающих жаток, формированием мульчирующего слоя из растительных остатков, реализацией комплекса мероприятий по сохранению и консервации влаги в почве, а также углубленной заделкой семян, в т.ч. и создание условий в период развития растений для использования капиллярной влаги из подпахотного горизонта и конденсации влаги из воздуха.

На основе многопольной структуры севооборотов, подбора культур с несовпадающими сроками посева и уборки обеспечить расширение диапазона использования техники и реализации потенциала, заложенного в маши-

нах, в т.ч. и с учетом максимально возможной загрузки в течение суток.

Внедрение комплексной системы защиты растений на основе рациональной плодосмены, покровных посевов биологически активных сидеральных культур в определенном сочетании с механическими способами обработки почвы и использованием химических средств защиты растений.

Обоснование и выбор машинных комплексов с рациональными параметрами с учетом их последствий на почву, выровненной потребности в затратах энергии и труда в течение сезона полевых работ для обеспечения необходимого уровня эффективности в конкретных условиях производства.

Системное представление о влиянии различных факторов на эффективность производства дает морфологическая схема комплекса технологических процессов, выходные показатели которых зависят от множества переменных элементов системы, подвергающихся воздействию управляемых факторов и параметров окружающей среды (рис. 3). «Оптимальные комплексы машин, опираясь на оптимальные агротехнические процессы, образуют рациональные управляемые организационно-технологические структуры. Агротехнические процессы в свою очередь реализуют оптимальные севообороты. Таким образом, на основе зональной системы ведения сельского хозяйства устанавливаются главные взаимодействия, которым подвергаются технологические комплексы и которые влияют на их оптимизацию, т.е. определяются связи исследуемой системы с внешней средой» [12].

Комплексный анализ факторов, влияющих на эффективность системы производственных процессов, позволяет сформировать функцию цели – максимум прибыли, т.е. стоимость продукции возделываемых культур с учетом потенциальной урожайности за вычетом совокупных затрат, стоимости снижения урожая от несвоевременного выполнения работ и потерь продукции от несоответствия процессов технологическим требованиям [3, 8].

$$П = УС_n - З - П_{сез} - П_{тех}, \quad (1)$$

где $У$ – урожайность культуры с вычетом расхода на семена, ц/га;

$С_n$ – стоимость производимой продукции, руб./ц;

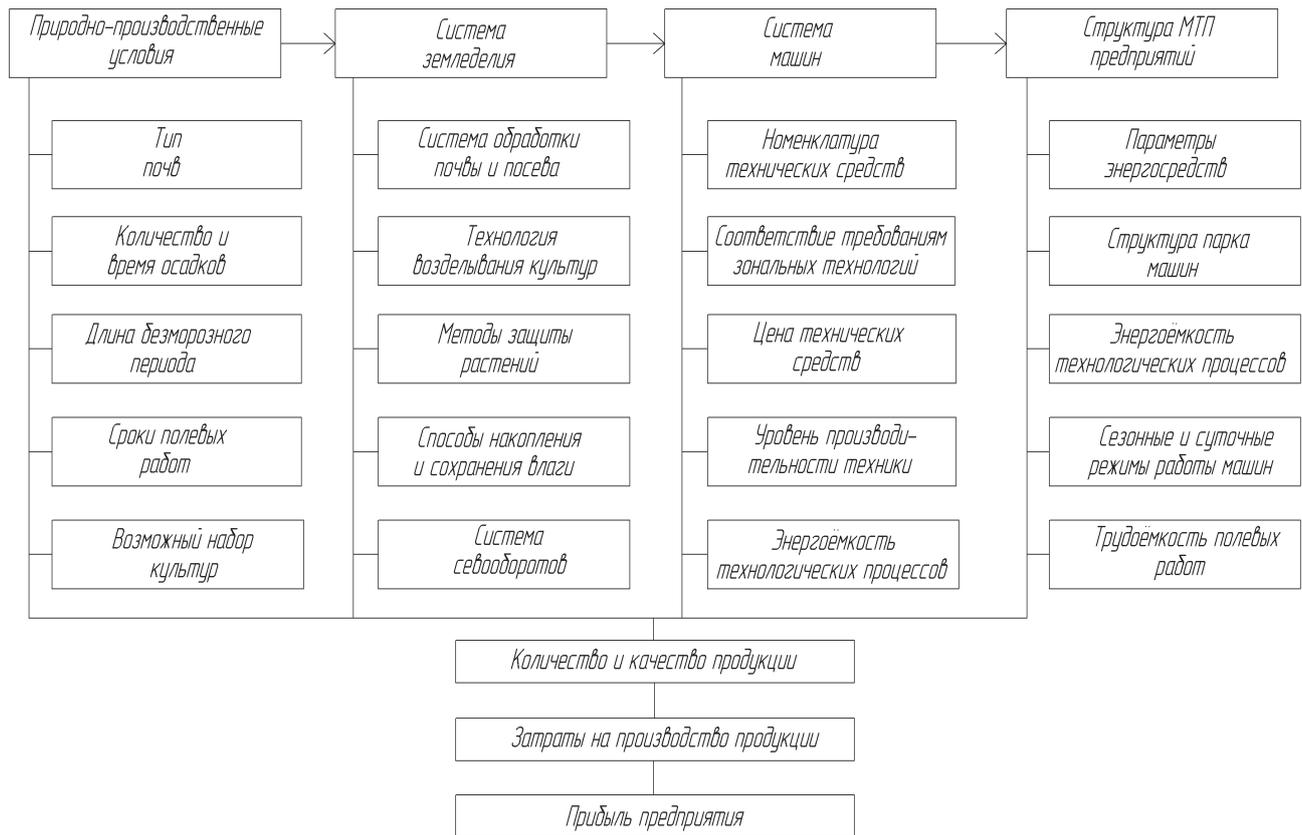


Рис. 3. Морфологическая схема системы функционирования отрасли растениеводства предприятия

Z – затраты на производство продукции, руб./га;

$\Pi_{\text{сез}}$ – сезонные потери от несвоевременности работ, руб./га;

$\Pi_{\text{тех}}$ – технологические потери урожая от уплотнения почвы движителями тракторов, руб./га.

В общем виде целевая функция примет следующий вид, руб./га:

$$\begin{aligned} \Pi = & UC_{\Pi} - \frac{C_{\text{от}} (\alpha_{\text{рт}} + E_{\text{н}}) \gamma_{\text{т}}}{W_{\text{ч}} \cdot t \cdot K_{\text{см}} \cdot D_{\text{дн}}} - \\ & \frac{C_{\text{бсхм}} (\alpha_{\text{рсхм}} + E_{\text{н}}) \gamma_{\text{схм}}}{W_{\text{ч}} \cdot t \cdot K_{\text{см}} \cdot D_{\text{дн}}} - B_{\Pi} - Z_{\Pi} - \Gamma_{\text{см}} - \\ & - X - Y - \frac{T \cdot \gamma_{\text{мех}}}{W_{\text{ч}} \cdot t \cdot K_{\text{см}} \cdot D_{\text{дн}}} - 0,5 \cdot K_{\Pi} \cdot C_{\Pi} \times \\ & \times U_{\text{к}} \cdot D_{\text{дн}} - C_{\Pi} \cdot \frac{F_{\Pi}}{F} \cdot U_{\text{к}} \cdot Q_{\Pi} \Rightarrow \max, \end{aligned} \quad (2)$$

где $\gamma_{\text{т}}$, $\gamma_{\text{схм}}$, $\gamma_{\text{мех}}$ – доля занятости трактора, сельскохозяйственной машины и механизатора на выполнение данной технологической операции, доля;

$W_{\text{ч}}$ – часовая производительность агрегата, га/ч;

$t_{\text{см}}$ – время смены, ч;

$K_{\text{см}}$ – коэффициент времени смены;

$D_{\text{дн}}$ – количество дней на выполнение работы, дн;

K_{Π} – коэффициент учета потерь урожая, доля/день;

C_{Π} – цена реализации продукции, руб./ц;

$U_{\text{к}}$ – урожайность культуры, ц/га;

Q_{Π} – потери урожая по следу движителя, %;

F_{Π} – уплотненная площадь движителями, га;

F – обработанная площадь, га;

B_{Π} – пропорциональные затраты, руб./га;

Z_{Π} – затраты на заработную плату, руб./га;

$\Gamma_{\text{см}}$ – затраты на топливо-смазочные материалы, руб./га;

X – затраты на химические средства защиты растений, руб./га;

Y – затраты на органические и минеральные удобрения, руб./га;

T – эффективность трудовых ресурсов, руб./год.

Таким образом, в основу проектирования производственных процессов в земледелии



должна быть заложена зависимость конечного результата от комплекса технико-технологических, химико-биологических, природно-климатических, организационных и социально-демографических факторов, а также их взаимовлияние на урожайность полей и качество реализуемой продукции.

Список литературы

1. Кузьмин В. П. Системный подход в научном познании и марксистская методология // Вопросы философии. 1980. № 1. С. 13.
2. Солнышков Ю. С. Обоснование решений. М. : Экономика, 1980. 268 с.
3. Саклаков В. Д. Потенциал производственных процессов в растениеводстве и разработка методов его эффективного использования : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Челябинск, 1990. 46 с.
4. Вильямс В. Р. Сочинения. Т. 1. Почвоведение. М. : Сельхозгиз, 1941. 334 с.
5. Гридин Н. Ф. Обоснование состава парка тракторов общего назначения для механизации производственных процессов в растениеводстве Северного Казахстана : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Алматы, 2010. 37 с.
6. Окунев Г. А. Поточно-цикловая технология уборки зерновых культур. Челябинск, 1998. 106 с.
7. Саклаков В. Д., Окунев Г. А. Влияние методов использования машин на потребность хозяйств в технике и механизаторах // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1977. № 9. С. 5–8.
8. Шепелев С. Д. Согласование параметров технических средств в уборочных процессах : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Челябинск, 2010. 37 с.
9. Саклаков В. Д. Теоретические основы оптимизации технической оснащенности и трудообеспеченности производственных процессов в растениеводстве // Вестник ЧГАУ. 1996. Т. 15. С. 83–98.
10. Храмцов И. Ф. Совершенствование ресурсосберегающих технологий в земледелии Сибири // Нивы Зауралья. 2009. № 10. С. 64–67.
11. Двуреченский В. И. Возделывание зерновых культур на основе новой влагосберегающей технологии и современной техники // Правила возделывания сельскохозяйственных культур. Костанай : ТОО «Издательский дом», 2004. 85 с.
12. Липкович Э. И. Аналитические основы системы машин. Ростов-на-Дону, 1983. 112 с.

Окунев Геннадий Андреевич, д-р техн. наук, профессор, кафедра «Эксплуатация машинно-тракторного парка им. проф. М.П. Сергеева», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: kuznetcof@mail.ru.

Кузнецов Николай Александрович, канд. техн. наук, доцент, кафедра «Тракторы, сельскохозяйственные машины и земледелие», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: kuznetcof@mail.ru.

Канатпаев Санжар Сабетович, аспирант, кафедра «Эксплуатация машинно-тракторного парка им. проф. М.П. Сергеева», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: s.kanatpaev@gmail.com.

* * *

УДК 633/635:631.5

ФОРМИРОВАНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ЦИКЛОВ ПОЛЕВЫХ РАБОТ – РЕЗЕРВ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

Г. А. Окунев, Н. А. Кузнецов, С. С. Канатпаев

В условиях ограниченного ресурсного обеспечения сельскохозяйственных предприятий своевременность выполнения полевых работ можно обеспечить рациональным подбором структуры возделываемых культур с целью поочередного циклического выполнения технологических операций по их возделыванию и уборке. При увеличении количества циклов рациональная длительность их постепенно снижается, но общая длительность загрузки техники возрастает. В результате обеспечивается рациональная плодосмена, снижаются удельные затраты на использование техники и уровень потерь урожая от несвоевременного выполнения работ. Важнейшей задачей при этом является формирование структуры севооборотов с учетом конъюнктуры рынка и природно-производственных условий предприятий.

Ключевые слова: цикл, резерв, дни, работа, севооборот, культура, затраты, загрузка.

Анализ динамики изменения технической оснащенности предприятий свидетельствует о постоянном снижении количественного парка машин и, прежде всего, тракторов и комбайнов при сохранении уровня энергооснащенности производства, что достигается приобретением высокопроизводительной техники. В то же время высокая их стоимость обуславливает необходимость более полной реализации их потенциала, что возможно за счет увеличения их занятости путем подбора культур с несовпадающими сроками основных работ по их возделыванию и уборке, т.е. выполнения работ последовательными циклами. Решение этой задачи возможно только в структуре многопольных се-

вооборотов, что позволяет ограниченными ресурсами выполнить основные технологические операции в рациональные сроки.

Известно, что результат производственной деятельности предприятий определяется стоимостью произведенной продукции за вычетом затрат на ее производство. В свою очередь наряду с текущими затратами на эксплуатацию техники существенную долю составляет амортизация стоимости машин. Значимость этого фактора возрастает в связи с их техническим совершенствованием. С позиций оценки эффективности того или иного процесса важно правильно оценить факторы, влияющие на уровень затрат, связанных с работой техники. В общем



виде функцию цели можно представить в следующем виде [1, 2]:

$$\Pi = UC_{\Pi} - Z - \Pi_{\text{сез}} - \Pi_{\text{тех}} \Rightarrow \min, \quad (1)$$

где Π – прибыль предприятия, руб.;

$У$ – биологическая урожайность культуры с вычетом расхода на семена, ц/га;

C_{Π} – стоимость производимой продукции, руб./ц;

Z – затраты на производство продукции, руб./га;

$\Pi_{\text{сез}}$ – сезонные потери от несвоевременности выполнения работ, руб./га;

$\Pi_{\text{тех}}$ – потери урожая от несоответствия технологическим требованиям работы агрегатов, например, от переуплотнения почвы движителями тракторов, руб./га.

С позиций нашего исследования результат производства будет определяться уровнем затрат и потерь от несоблюдения технологических требований. Для единичного процесса графические зависимости можно представить в следующем виде (рис. 1) [2, 3, 4].

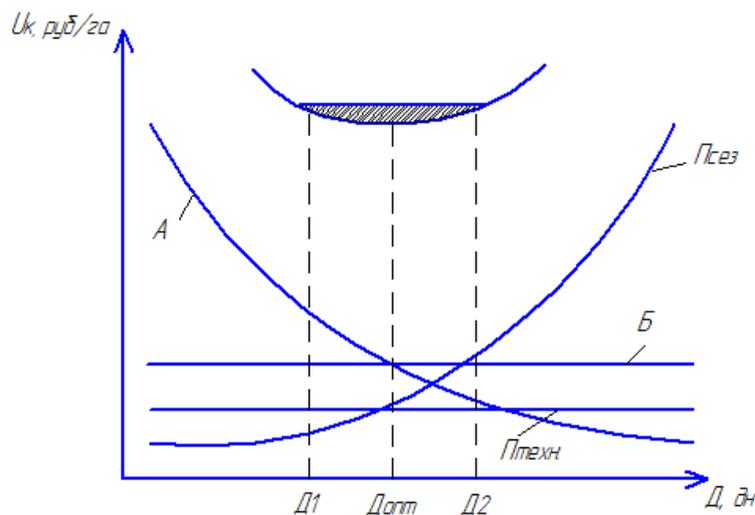
Такое представление производственного процесса позволяет обоснованно подойти к определению сроков и длительности полевых работ. Задача решается в два этапа. В начале определяется наиболее благоприятный момент

выполнения той или иной технологической операции на основе многолетних наблюдений агротехнологическими центрами. С учетом значимости отклонения сроков проводится технико-экономическое обоснование рациональной длительности выполнения работ.

Анализ составляющих затрат на выполнение полевых работ показывает, что расходы на текущую эксплуатацию техники, с некоторым допущением, можно принять пропорциональными объему выполненной работы, величина которого практически не зависит от периода загрузки машин. Уровень затрат будет определять амортизация техники, значение которой зависит от количества циклов, формируемых для работы технологических комплексов машин. Известная зависимость для определения рациональной длительности полевых работ (D_p) позволяет сделать вывод о существенном влиянии доли данной работы в годовом объеме работ [3, 4, 5] на рациональную длительность отдельных работ:

$$D_p = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n C_{\text{би}} (\alpha_i + E_{\text{бк}}) \cdot \gamma_{ij} + T \cdot \gamma_j \cdot N}{0,5 \cdot K_{\Pi} \cdot Y_{\Pi} \cdot C_{\Pi} \cdot W_{\text{ч}} \cdot t \cdot K_{\text{см}}}}, \quad (2)$$

где $C_{\text{би}}$ – балансовая цена i -й машины, участвующей в технологическом процессе;



A – удельные отчисления на амортизацию техники, руб./га; B – текущие затраты на эксплуатацию машин, руб./га; D_1, D_2 – диапазон значений рациональной длительности работ, дн; $D_{\text{опт}}$ – оптимальная длительность работ, дн; U_k – комплексные затраты на выполнение работ, руб./га; D – календарные дни выполнения работ, дн.

Рис. 1. Графическое представление оптимизации длительности полевых работ

α_i – доля отчислений на реновацию i -й машины;

$E_{\text{ок}}$ – ставка банковского кредита или лизинга;

n – количество машин в технологическом процессе;

γ_{ij} – удельный вес i -й машины на j -й работе;

T – затраты на привлечение с учетом эффективности труда механизаторов;

γ_j – удельный вес j -й работы в годовой занятости механизатора;

N – количество механизаторов, участвующих в технологическом процессе;

$K_{\text{п}}$ – коэффициент темпа потерь от несвоевременного выполнения работ;

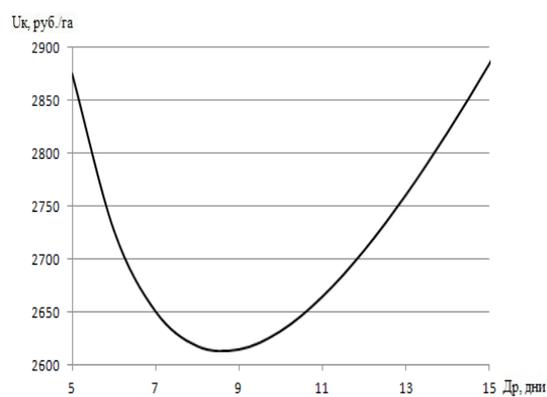
$Y_{\text{п}}$ и $C_{\text{п}}$ – урожайность и цена реализации продукта;

$W_{\text{ч}j}$ – часовая производительность технологического комплекса на j -й работе;

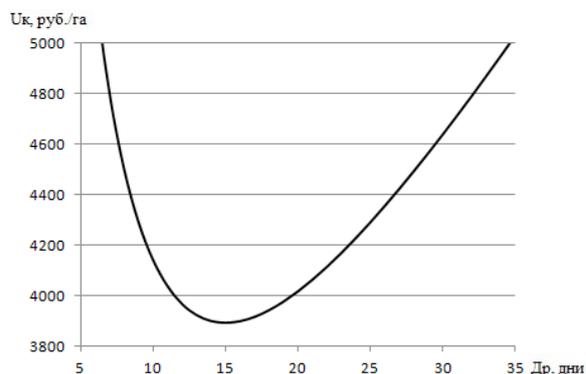
t и $K_{\text{см}}$ – длительность смены и коэффициент сменности.

Графическая интерпретация приведенной зависимости (2), представленная на (рис. 2), свидетельствует о сокращении длительности отдельных работ с увеличением количества циклов, но общая длительность возрастает с постепенным снижением темпа прироста общего срока.

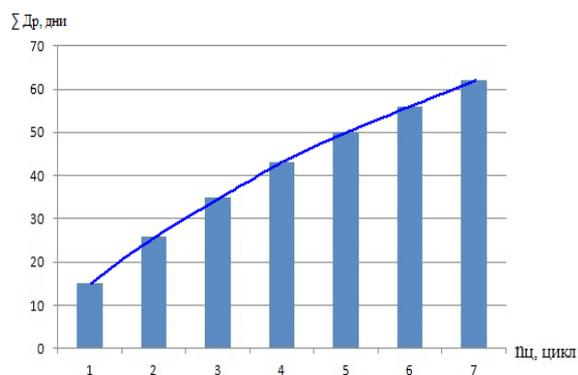
Таким образом, увеличение количества циклов работ на посеве культур позволяет существенно увеличить занятость технологических комплексов и выполнить работы с меньшими затратами [6, 7, 8, 9, 10, 11]. С этой целью важно подобрать культуры с достаточно высокой рентабельностью и востребованные рынком, что возможно в многопольных севооборотах с учетом конкретных природно-производственных условий предприятий. При этом решается задача рациональной плодосмены возделываемых культур, что позволяет стабилизировать их урожайность с меньшими затратами на удобрения и средства защиты растений. Рассмотрим решение этой задачи на примере ОАО «Степ-



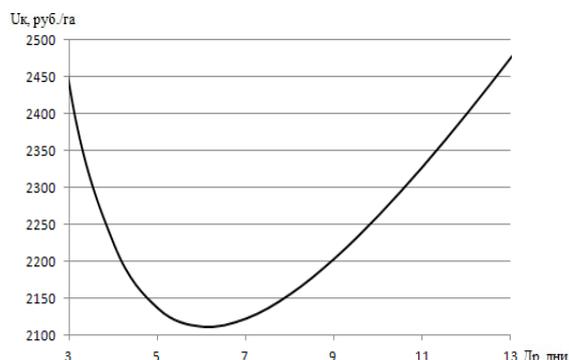
а



б



в



г

Рис. 2. Влияние циклов полевых работ при посеве культур на уровень затрат и рациональную длительность посева культур: а – 1 цикл; б – 3 цикла; в – 6 циклов; г – влияние количества циклов на общую длительность посевных работ



нинское» Пластовского района Челябинской области.

Предприятие расположено в переходной зоне лесостепи в степь. Условия производства характерны для зоны рискованного земледелия из-за ограниченного увлажнения. Годовое количество осадков порядка 350 мм, большая часть которых выпадает в осенне-зимний период, с характерной летней засухой, что существенно ограничивает потенциал урожайности возделываемых культур. Сравнительно короткий безморозный период обуславливает выраженную сезонность из-за ограниченности рабочих периодов проведения посевных, уборочных и других полевых работ. В результате возникает увеличенная потребность в трудовых и технических ресурсах, что в условиях ограниченной продуктивности полей снижает конкурентоспособность производства. В хозяйстве около 7 тыс. га пашни, что позволяет сформировать систему многопольных севооборотов для рациональной плодосмены возделываемых культур с рассредоточением сроков посева и их уборки. При этом важно выдержать чередование злаковых и широколистных культур, с мочковой и стержневой корневой системой, обеспечить наличие определенной доли бобовых и сочетание культур так называемого холодного и теплого периодов.

В решении этой задачи особая роль отводится озимым культурам (озимая пшеница, рожь, тритикале), сроки посева и уборки которых не совпадают с яровыми зерновыми. Для условий данной зоны вполне подходит подсолнечник на семена, высевают его до начала массового посева яровой пшеницы, а уборка производится после яровых зерновых культур. В целях сохранения объемов пшеницы и ячменя при плодосмене представляется целесообразным посев технических культур с бобовыми, так называемые бинарные посева. Это позволяет сформировать хороший предшественник для зерновых культур и практически исключить паровое поле. Для восполнения органического вещества в почве необходимо использовать сидеральные культуры, такие как донник, рапс, сурепица, горчица и их смеси, в т.ч. высевая после уборки полей с ранними сроками.

Многолетними исследованиями в условиях региона установлено, что максимальная урожайность посевов яровой пшеницы достигается в период с 19 по 23 мая. В резуль-

тате принято считать, что рациональный срок посева этой культуры с 15 по 25 мая. В то же время посев яровой пшеницы в период с 6 по 10 мая снижает среднюю многолетнюю урожайность на 7–9%. В условиях ограниченной технической оснащенности из-за несвоевременной уборки теряется до четверти выращенного урожая. С этих позиций ранние посева могут снизить напряженность уборочного периода и получить качественные семена как за счет майской солнечной инсоляции, так и уборки в более благоприятных погодных условиях. Маневрирование сроками посева ячменя в условиях центральной зоны области нецелесообразно, т.к. ранние сроки посева в начале мая снижают урожайность практически вдвое по сравнению с посевами в конце мая. В отличие от северной и южной части региона, где ранние и поздние сроки посева дают практически одинаковую урожайность, посева ячменя в условиях хозяйства должны быть ограничены, т.к. поздние посева приводят к наложению сроков уборки с пшеницей. Вполне естественно, что отдавая приоритет уборке пшеницы, ячмень теряет значительную часть урожая.

Как отмечалось, снижению пиковых нагрузок в период посева и уборки способствует возделывание озимых культур. В условиях хозяйства предпочтительнее посева озимой пшеницы и тритикале. Последняя – гибрид озимой пшеницы и ржи – является фуражной культурой, при ранних сроках уборки компенсирует дефицит концентрированных кормов в этот период. Озимая же пшеница весьма востребована мукомольными предприятиями в этот период и после ее реализации позволяет пополнить финансовый ресурс для проведения осеннего цикла работ. С этих позиций рациональное сочетание посевов тритикале и озимой пшеницы не только снижает потребность в ресурсах для посева и уборки, но и целесообразно с управленческой, хозяйственной и экономической точек зрения.

Следует отметить, что тритикале обладает более мощной стержневой корневой системой в сравнении с озимой пшеницей, у которой основная часть корней находится в верхнем (25 см) слое почвы. В летнюю засуху это приводит к ограничению питания и водному дефициту на заключительной стадии формирования зерна озимой пшеницы. Выход может быть в более глубокой заделке семян и выполнении

мероприятий по поддержанию плодородия почвы, накоплению и рациональному использованию влаги зимних и летних осадков. Одним из способов решения этой задачи является оставление высокой стерни или ее кулис и формирование мульчирующего слоя растительных остатков на поверхности поля, а также подбор предшественников, поддерживающих достаточно высокий уровень питательных веществ в почве.

Таким образом, формирование структуры севооборотов должно решать наряду с рациональной плодосменной последовательную цикличность выполнения весенних полевых и уборочных работ. Решить эту задачу возможно при достаточно большом количестве полей севооборотов. Для формирования плодородия почвы в естественных условиях необходимо порядка восьми лет, как и для накопления мульчирующего слоя на поверхности поля [12]. Учитывая, что длительный прямой посев приводит к перераспределению фосфора и ряда других минералов в верхний слой поля, где накапливается и усваиваемая органика, рационально раз в восемь-девять лет, как правило, в паровом поле и во второй половине лета провести вспашку, лучше обратным плугом с предплужником. При этом практически исключается эрозийная деградация поля и уничтожается негативная флора. Последующий посев сидеральных биологически активных культур повышает плодородие почвы и активизирует формирование мульчирующего слоя растительных остатков на поверхности поля. Следует отметить, что сравнительно низкая урожайность возделываемых культур в регионе не позволяет сформировать полноценный мульчирующий слой растительных остатков и восполнить органическое вещество без посева покровных сидеральных культур.

С учетом выше изложенного предлагается девятипольный севооборот, включающий: пар, твердая пшеница, ячмень, подсолнечник с подсевом донника, донник на сенаж, семена или сидерат с посевом озимой пшеницы или тритикале, пшеница мягкая, лен с викой, пшеница мягкая. Последовательность посева весной – подсолнечник, твердая пшеница, два поля мягкой пшеницы, лен, ячмень. В уборочный период – озимая пшеница (тритикале), твердая пшеница, ячмень, пшеница мягкая, лен, подсолнечник. Таким образом, длительность посева около 30 дней, уборки 55–65 дней. С учетом по-

сева озимых, а также покровных сидеральных культур загрузка посевных комплексов удваивается. Следует отметить, что современные комплексы с пневмовысевом могут высевать семена подсолнечника, что увеличивает их загрузку и уровень их универсальности. В результате три агрегата К-744-Р2+«Amazone (Condor-12001)» обеспечивают выполнение всего комплекса посевных работ, а своевременную уборку урожая можно обеспечить пятью комбайнами типа Acros-550.

Список литературы

1. Саклаков В. Д. Потенциал производственных процессов в растениеводстве и разработка методов его эффективного использования : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Челябинск, 1990. 46 с.
2. Саклаков В. Д. Теоретические основы оптимизации технической оснащенности и трудообеспеченности производственных процессов в растениеводстве // Вестник ЧГАУ. 1996. Т. 15. С. 83–98.
3. Саклаков В. Д., Окунев Г. А. Влияние методов использования машин на потребность хозяйств в технике и механизаторах // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1977. № 9. С. 5–8.
4. Окунев Г. А. Поточно-цикловая технология уборки зерновых культур. Челябинск, 1998. 106 с.
5. Гридин Н. Ф. Обоснование состава парка тракторов общего назначения для механизации производственных процессов в растениеводстве Северного Казахстана : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Алматы, 2010. 37 с.
6. Повышение эффективности использования машинно-тракторного парка в условиях засушливого земледелия / Г. А. Окунев, С. С. Канатпаев, А. В. Луковцев, Е. О. Фетисов // Сельский механизатор. 2019. № 9. С. 4–5.
7. Шепелев С. Д. Согласование параметров технических средств в уборочных процессах : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Челябинск, 2010. 37 с.
8. Шепелев С. Д., Кравченко И. Н. Повышение эффективности уборки на основе циклического созревания зерновых культур // Техника и оборудование для села. 2011. № 7. С. 26–27.
9. Шепелев С. Д., Кравченко И. Н. Обоснование технической оснащенности посевных процессов в условиях ограниченного ресурс-



ного потенциала растениеводства // Вестник КрасГАУ. 2012. № 10. С. 166–170.

10. Кравченко И. Н. Обоснование технической оснащённости посевных и зерноуборочных процессов в условиях ограниченного ресурсного потенциала растениеводства : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Челябинск, 2011. 20 с.

11. Техническое обеспечение сроков проведения полевых работ в условиях Сибири

/ Б. Д. Докин, О. В. Елкин, Е. А. Лапченко, С. П. Исакова // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2014. № 2. С. 60–64.

12. Зыбалов В. С. Влияние сидеральных культур на повышение плодородия черноземов Южного Урала // Материалы Междунар. науч.-практ. конференции. Екатеринбург : УрГАУ, 2018. С. 253–259.

Окунев Геннадий Андреевич, д-р техн. наук, профессор, кафедра «Эксплуатация машинно-тракторного парка им. проф. М.П. Сергеева», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: kuznetcof@mail.ru.

Кузнецов Николай Александрович, канд. техн. наук, доцент, кафедра «Тракторы, сельскохозяйственные машины и земледелие», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: kuznetcof@mail.ru.

Канатпаев Санжар Сабетович, аспирант, кафедра «Эксплуатация машинно-тракторного парка им. проф. М.П. Сергеева», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: s.kanatpaev@gmail.com.

* * *

УДК 621.317.39

ФАЗОЧАСТОТНЫЙ МЕТОД АНАЛИЗА ПЕРИОДИЧЕСКИХ ЧАСТОТНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ

В. М. Попов, С. Ю. Панферов, Л. А. Саплин

В статье показан метод, позволяющий проводить анализ частотных зависимостей коэффициента отражения электромагнитных колебаний. Особенностью метода является использование устойчивой конфигурации частотной зависимости за счет привязки к определенной точке на функции отклика с последующим анализом частотного сдвига этой точки. Произведена обработка экспериментальных данных двухфакторного эксперимента по предложенному методу. Получена регрессионная модель с уровнем $R^2 \sim 0,96$, результат теста регрессионной модели по F -критерию составил 153,2 при $p \ll 0.1$.

Ключевые слова: СВЧ, радиочастотные технологии, фазовый сдвиг, частотный сдвиг, частотный анализ, обработка сигналов.

Необходимость доступной технологии объективной оценки состояния биологических материалов в целом и сельскохозяйственного сырья в частности является важной проблемой современной промышленности. Развитие текущего уровня техники показывает движение в сторону точных лабораторных измерений физико-химических свойств материалов, вплоть до применения ядерных технологий. В то же время развитие промышленных, в том числе поточных, методов и средств контроля состояния материала идет не столь впечатляющими темпами. Для обеспечения требуемого уровня качества сырья и оценки его текущего состояния требуются новые методы экспрес-

и поточного определения влажности контролируемого материала.

Для решения данной задачи предлагается использовать радиочастотные методы определения физико-химических свойств материалов. Хорошо себя зарекомендовал метод измерения влажности по фазовому сдвигу прошедшей через материал электромагнитной волны (ЭМВ) [1]. Устройства, реализующие этот метод, обладают повышенной чувствительностью к влагосодержанию по отношению к незначимым параметрам материала (сорт культуры, химический состав и так далее). В то же время отличительной чертой таких устройств является пара антенн, работающих в микроволновом диапазоне, и до-



статочного толстый слой материала между ними. Это затрудняет широкое использование фазового метода измерения влажности по конструктивным и технико-экономическим показателям. Выход видится в определении фазы отраженной ЭМВ, например, с применением метода частотной рефлектометрии (FDR – frequency domain reflectometry) [2]. Рефлектометрический метод позволяет использовать всего один излучатель (антенну), что серьезно упрощает и удешевляет конструкцию измерительного устройства. Особенностью FDR является получение в качестве результата измерения частотной зависимости коэффициента отражения электромагнитной волны, взаимодействующей с материалом. Зная параметры частотной зависимости при работе излучателя на открытое пространство и на контролируемый материал, можно определить сдвиг фазы отраженного сигнала и по аналогии с фазой прошедшего сигнала судить о влажности материала.

Цель исследования: оценка возможности применения предлагаемого фазочастотного метода анализа частотных зависимостей для измерения влажности сельскохозяйственного сырья.

Материалы и методы исследования

В качестве данных для анализа были выбраны результаты эксперимента по исследова-

нию отражательного метода измерения влажности [3]. В качестве контролируемого материала использовалась пшеница твердых сортов с влажностью от 10 до 25% с шагом 5%, толщина слоя материала варьировалась от 17,5 мм до 70 мм с шагом 17,5 мм. Таким образом, исходными данными являлись 16 частотных зависимостей в полосе от 500 до 1400 МГц (рис. 1).

На рисунке 1 видно, что все частотные зависимости имеют схожую конфигурацию в виде чередования локальных максимумов и минимумов частотной зависимости. Теоретическое объяснение этому явлению приведено в работе [4]: при изменении частоты излучения происходит изменение длины ЭМВ, соответственно, изменяются и фазы падающей и отраженной ЭМВ, которые складываются согласно выражению

$$A = A_{\text{пад}} \sin \varphi_{\text{пад}} + A_{\text{отр}} \sin \varphi_{\text{отр}},$$

где $A_{\text{пад}}$, $A_{\text{отр}}$ – амплитуды падающей и отраженной ЭМВ;

$\varphi_{\text{пад}}$, $\varphi_{\text{отр}}$ – фазы падающей и отраженной ЭМВ.

Таким образом, на частотной зависимости мы наблюдаем присутствие периодической составляющей (рис. 2), период которой напрямую зависит от расстояния от излучателя до отражающей поверхности.

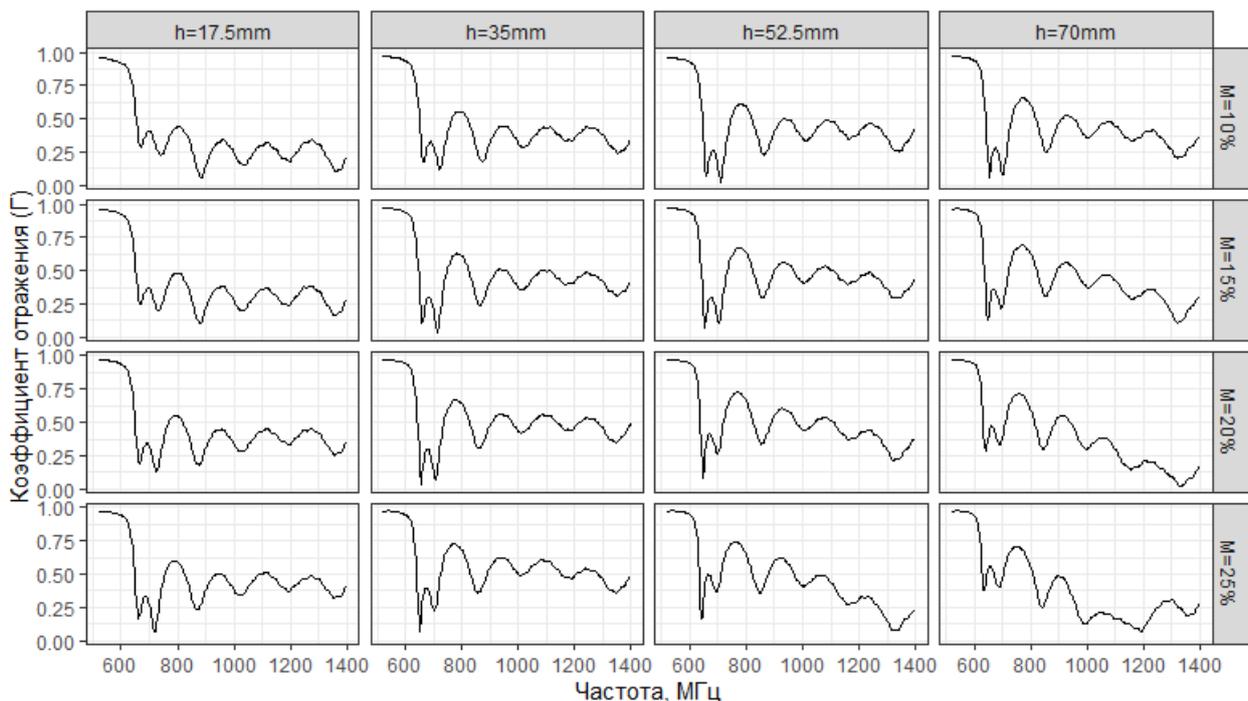


Рис. 1. Частотные характеристики коэффициента отражения Γ при различных толщине слоя h и влажности M

Фактически сдвиг фазы отраженного сигнала при изменении влажности материала будет сопровождаться сдвигом этой периодической составляющей. Для упрощения задачи определения сдвига фазы предлагается не выделять периодическую составляющую каждый раз, а привязаться к одной из устойчивых точек на частотной зависимости и фиксировать частоту, на которой эта точка находится. В данном случае за такую точку принят второй локальный максимум частотной зависимости (рис. 3).

Зная частоты выбранных локальных максимумов для всех частотных зависимостей, возможно вычислить относительный сдвиг фазы отраженного сигнала по выражению:

$$\theta_{\text{отн}} = F_0 - F_{\text{лм}}, \quad (1)$$

где $\theta_{\text{отн}}$ – относительное изменение фазы сигнала (фазочастотный сдвиг), МГц;

F_0 – частота локального максимума при работе излучателя на свободное пространство;

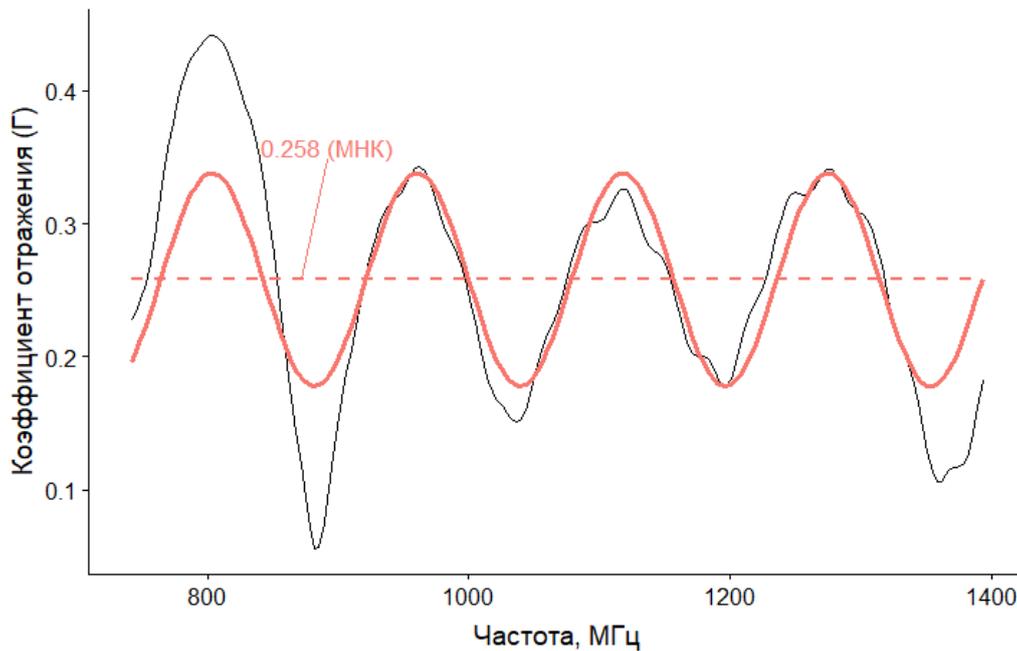


Рис. 2. Выделенная периодическая составляющая рабочего диапазона частотной характеристики

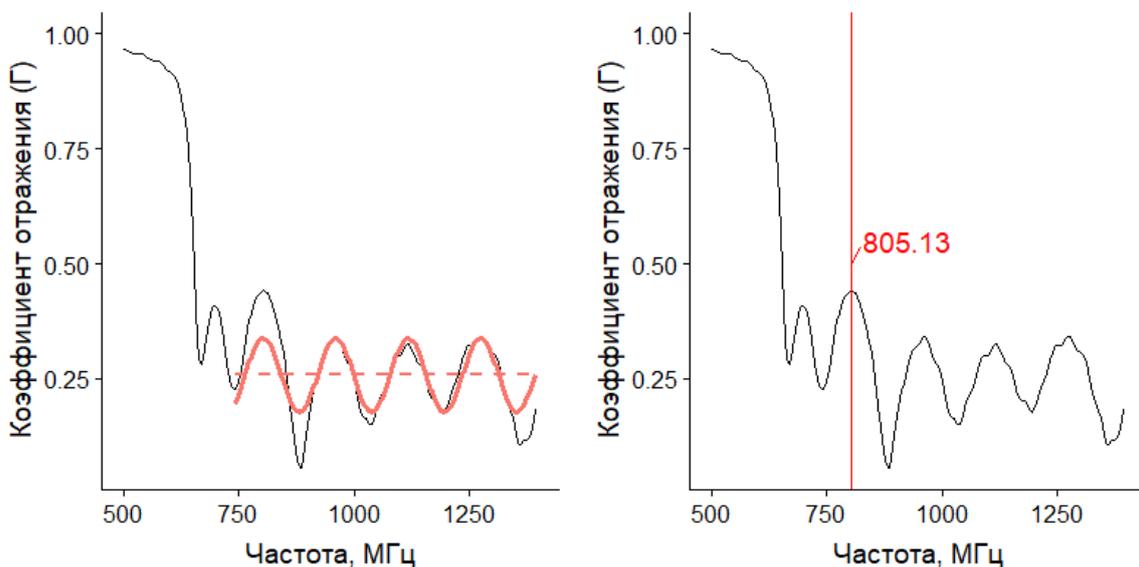


Рис. 3. Пример привязки фазы периодической составляющей к точке частотной зависимости



$F_{\text{лм}}$ – частота локального максимума при работе излучателя на материал влажностью M и толщиной слоя h .

Результаты исследований

Обработка исходных данных проводилась с использованием языка статистических расче-

тов R в программной среде RStudio. Была определена F_0 , которая составила 830,12 МГц (рис. 4).

Сводная таблица выделенных локальных максимумов представлена на рисунке 5.

По выражению (1) вычислены значения относительного фазочастотного сдвига $\theta_{\text{отн}}$. Результаты представлены в таблице 1.

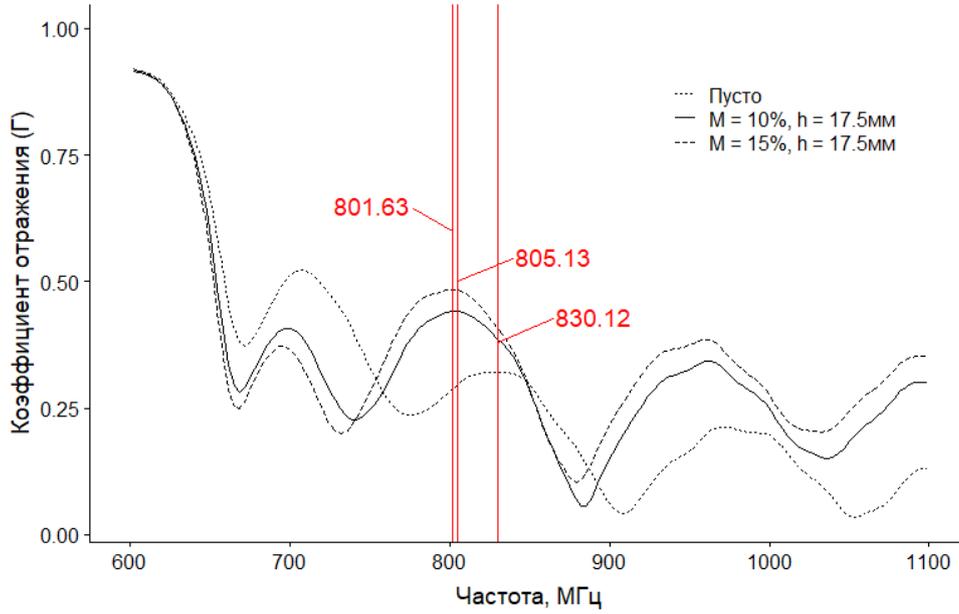


Рис. 4. Положение частоты локального максимума F_0 при работе излучателя на свободное пространство

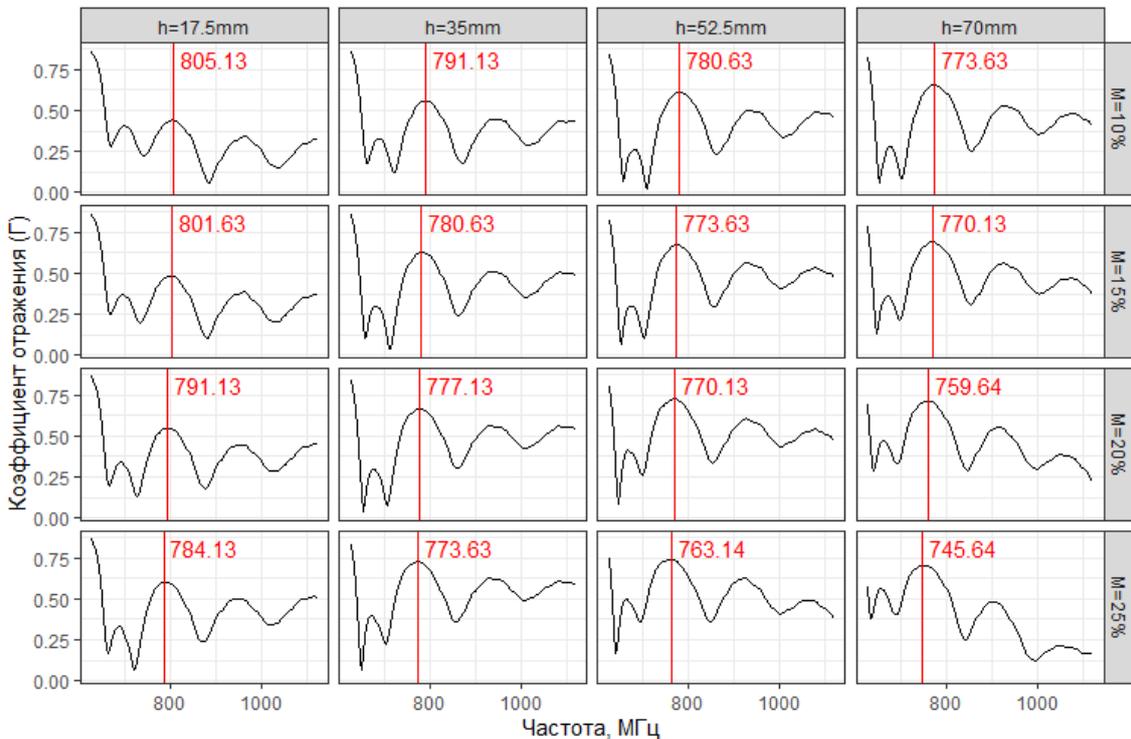


Рис. 5. Сводный график выделенных частот локальных максимумов $F_{\text{лм}}$ при различных толщине слоя h и влажности M

Таблица 1 – Результаты вычисления относительного фазочастотного сдвига $\theta_{\text{отн}}$ для частотных зависимостей коэффициента отражения

17,5 мм	35 мм	52,5 мм	70 мм	h
24,99	38,99	49,49	56,49	10%
28,49	49,49	56,49	59,99	15%
38,99	52,99	59,99	70,48	20%
45,99	56,49	66,98	84,48	25%

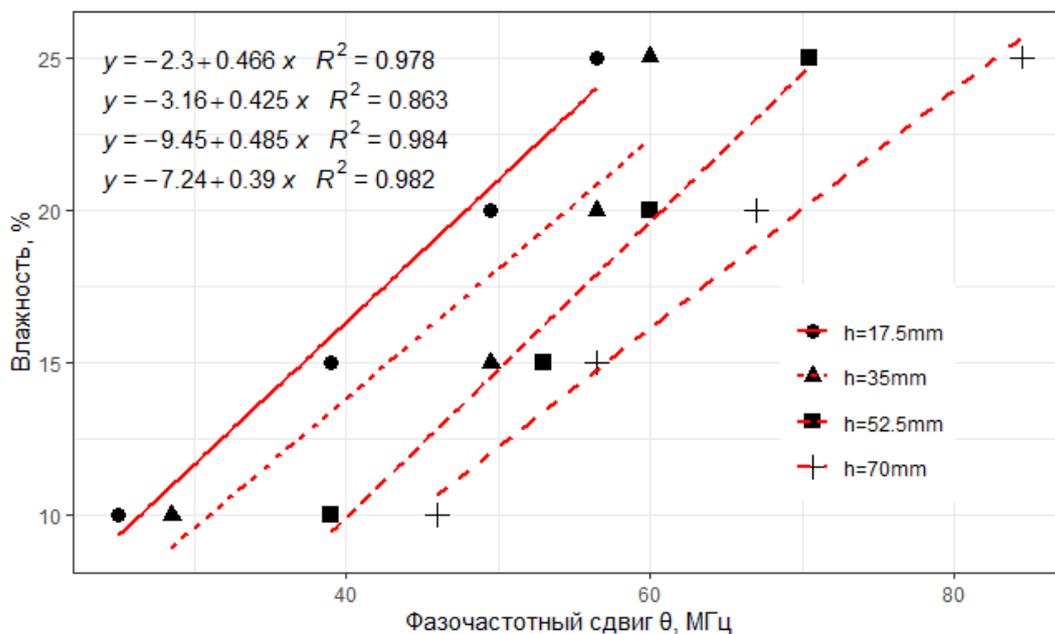


Рис. 6. Сводный график зависимостей $\theta_{\text{отн}}(M)$ (регрессионные модели и значения легенды расположены соответственно)

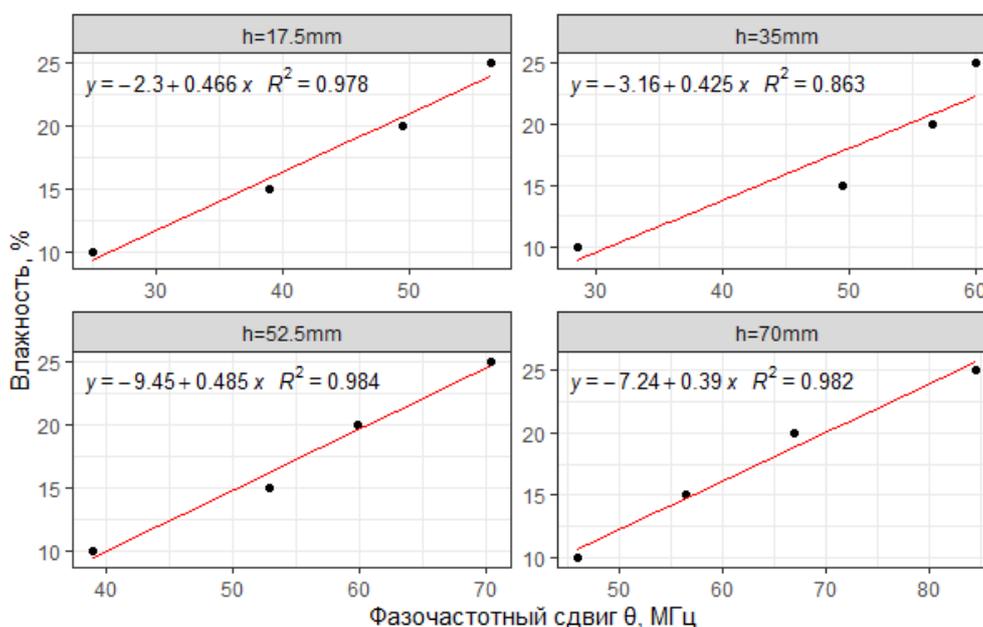


Рис. 7. График зависимостей $\theta_{\text{отн}}(M)$ для различных значений h



Графическая интерпретация результатов с частными уравнениями регрессии представлена на сводном графике (рис. 6) и отдельно для каждого значения h (рис. 7).

Множественный регрессионный анализ результатов позволил получить уравнение линейной регрессии:

$$\theta_{\text{отн}} = -2,914 + 2,169M + 0,399h.$$

Уровень R^2 для полученной модели составил 0,96. Проверка по F -критерию дала значение $F = 153,2$ с расчетным уровнем значимости $p \ll 0,01$.

Выводы

Представленный в статье метод анализа частотных зависимостей по относительному фазочастотному сдвигу показал свою работоспособность, а результаты вычислений – высокий уровень статистической достоверности. Фазочастотный метод анализа видится перспективным для решения задач контроля влажности в рамках поточного технологического процесса или экспресс-измерений. Представленный метод позво-

ляет опосредованно определять фазовый сдвиг отраженной ЭМВ, при этом не прибегать к сложной схемотехнике фазовых влагомеров.

Список литературы

1. Kupfer K. Electromagnetic Aquametry. 2011. P. 171.
2. Skierucha W., Wilczek A., Szyplowska A. Dielectric spectroscopy in agrophysics // Int. Agrophysics. 2012. Vol. 26. № 2. P. 187–197.
3. Полевик Н. Д., Панферов С. Ю. Поточный отражательный влагомер, АПК России. 2017. Т. 24. № 1. С. 86–90.
4. Полевик Н. Д. Методы и средства борьбы с сорной растительностью с использованием импульсных СВЧ-излучений : дис. ... канд. техн. наук. Челябинск : ЧГАУ, 2007. 218 с.
5. Liu X., Pinto N. G. Frequency domain π -phase-shift reflectometry for soil moisture measurement: I. Theory // Sensors Actuators, A Phys. 1996. Vol. 55. № 2–3. P. 127–132.
6. Wobschall D. A Frequency Shift Dielectric Soil Moisture Sensor // IEEE Trans. Geosci. Electron. 1978. Vol. 16. № 2. P. 112–118.

Попов Виталий Матвеевич, д-р техн. наук, доцент, кафедра «Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: ntc-es@mail.ru.

Панферов Сергей Юрьевич, аспирант, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: s.y.panferov@yandex.ru.

Саплин Леонид Алексеевич, д-р техн. наук, профессор, ООО «Челябинский компрессорный завод».

E-mail: Lsaplin49@mail.ru.

* * *

ПАРАМЕТРЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСА УПОРНОГО ПОДШИПНИКОВОГО УЗЛА СКВАЖИННЫХ ЭЛЕКТРОНАСОСОВ

Л. А. Саплин, В. А. Буторин, Р. Т. Гусейнов, И. Б. Царев

Ресурс упорного подшипникового узла скважинных электронасосов устанавливался с использованием многофакторного эксперимента. Упорный подшипниковый узел скважинных электронасосов является одной из главных частей погружной насосной установки. Надежность упорного подшипникового узла в значительной мере влияет на ресурс погружного электродвигателя, который является одной из основных частей электропривода насосной установки. Погружной электродвигатель содержит два вида подшипниковых узлов, один из которых радиальный, воспринимающий вертикальное перемещение ротора погружного электродвигателя, а другой упорный, воспринимающий вес ротора и гидравлическое давление в момент пуска насосной установки. Как показывает практика эксплуатации и исследования, проведенные на кафедре ЭОЭТ ЮУрГАУ, износ упорного подшипникового узла погружного электродвигателя происходит в момент включения насосной установки и в момент остановки. В первом случае происходит сухое трение пяты об подпятник погружного электродвигателя, во втором случае происходит торможение, которое приводит к изнашиванию элементов подшипникового узла. В статье приведена методика обработки уточненных экспериментальных данных с учетом расширения диапазона воздействия эксплуатационного фактора – величины питающего напряжения, действующего на скважинные электронасосы. Обработка проведена при помощи ЭВМ в программе MathCAD. В результате был уточнен средний ресурс подшипникового узла с учетом расширения диапазона воздействия эксплуатационного фактора, который составил $\bar{T} = 25\ 330$ цикл. Определено среднее квадратическое отклонение ресурса $\sigma = 7686$ цикл. При помощи таблиц для расчетов надежности при распределении Вейбулла были определены параметры этого закона: $a = 13\ 390$ цикл; $b = 1,6$; $c = 13\ 020$ цикл. Материалы статьи будут полезны работникам заводов-изготовителей и ремонтно-обслуживающих предприятий.

Ключевые слова: упорный подшипниковый узел, ресурс, плотность распределения, закон Вейбулла.

Актуальность работы заключается в уточнении ресурса упорного подшипникового узла скважинных электронасосов, представленного в [1], с учетом изменения уровней воздействия эксплуатационного фактора – питающего напряжения, действующих на эти насосы [2, 3, 4, 5, 6, 7]. Оценка ресурса подшипниковых узлов определялась с помощью ускоренных стендовых испытаний на примере отечественных электронасосных установок типа ЭЦВ мощностью 2,8 кВт [8–13]. По данным ремонтных предприятий и Министерства сельского хозяйства Челябинской области, основным электродвигателем насосной установки является двигатель ПЭДВ, который для условий области имеет

следующее распределение по мощностям: 0,75 кВт 30 шт., 1,1 – 41 шт., 1,5 – 80 шт., 2,8 – 150 шт., 4 – 95 шт., 4,5 – 72 шт., 5,5 – 54 шт., 6,3 – 29 шт., 9 – 14 шт., 8 – 10 шт., 11 – 5 шт., 13 – 4 шт. Иностранного производства 11 шт., мощностью кВт: 1,1 – 3 шт., 4 – 6 шт., 4,2 – 2 шт.

Ресурс упорного подшипникового узла скважинных электронасосов обусловлен его износом в процессе включения и отключения этих электронасосов. К основным эксплуатационным факторам, влияющим на ресурс электронасосов, относится величина питающего напряжения. При предыдущих стендовых испытаниях уровни воздействия этого фактора, согласно паспорта на электронасос, составили



$\pm 5\%$ номинального напряжения (U_n). Однако в процессе обследования условий эксплуатации выяснилось, что уровни воздействия данного фактора следует расширить до $\pm 7,5\% U_n$, остальные воздействующие факторы, такие как наличие песка в воде, различных примесей, остались на прежних уровнях.

Цель исследований заключается в уточнении ресурса упорного подшипникового узла скважинных электронасосов с учетом расширения диапазона воздействия эксплуатационного фактора в сельском водоснабжении.

Материалы и методы

Прогнозирование вероятностных параметров ресурса упорного подшипникового узла скважинных электронасосов по результатам стендовых испытаний с использованием статистического моделирования [14–22].

Результаты исследования

Полученные результаты в ходе проведения экспериментов на стенде при измененных уровнях воздействия питающего напряжения позволили установить новые полиномиальные выражения для оценки скорости и ускорения изнашивания упорного подшипникового узла скважинных электронасосов. Подставляя значение скорости и ускорения в выражение, полученное И.Б. Царевым и Р.Т. Гусейновым в работе [6], с использованием статистического моделирования была установлена экспериментальная плотность распределения ресурса упорного подшипникового узла скважинных электронасосов.

Полученная плотность распределения ресурса упорного подшипникового узла скважинных электронасосов удовлетворительно согласуется с трехпараметрическим законом Вейбулла, эта плотность представлена на рисунке 1.

Полученное в результате испытаний значение минимального ресурса $T_{\min} = 13\ 020$ цикл, максимального – $T_{\max} = 54\ 460$ цикл.

Количество электродвигателей, достигших предельного износа упорных подшипниковых узлов за интервалы наработки, представлено в таблице 1.

Ширина интервалов равна:

$$h = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{N} \text{ цикл.} \quad (1)$$

Левые границы интервалов:

$$i = 0 \dots N - 1; \quad (2)$$

$$INT_{Л_i} = T_{\min} + i \cdot h \text{ цикл.} \quad (3)$$

Оценка средин интервалов:

$$INT_c = INT_{Л_i} + \frac{h}{2}. \quad (4)$$

Оценка математического ожидания, среднеквадратического отклонения и третьего центрального момента:

$$M = \frac{1}{\sum n_{cr}} \cdot \sum_{j=0}^{N-1} (INT_{cj} \cdot n_{crj}) = 2,533 \cdot 10^4 \text{ цикл;} \quad (5)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{\sum n_{cm} - 1} \cdot \sum_{j=0}^{N-1} [(M - INT_{cj})^2 \cdot n_{cmj}]} = 7,686 \cdot 10^3 \text{ цикл;} \quad (6)$$

$$\mu_3 = \frac{1}{N_b - 1} \cdot \sum_{i=0}^{N_b-1} (T_i - M) = 4,319 \cdot 10^{11} \text{ цикл.} \quad (7)$$

Оценка асимметрии ресурса определяется с помощью таблицы параметров распределения Вейбулла [23]:

Таблица 1 – Количественное распределение отказов подшипниковых узлов электродвигателей, полученное на основании статистического моделирования

Наработка тыс. ч.	13,02–16,47	16,47–19,93	19,93–23,38	23,38–26,83	26,83–30,29	30,29–33,74	33,74–37,19	37,19–40,65	40,65–44,09	44,09–47,55	47,55–51,00	51,00–54,46
Число отказов, ед.	40	80	90	85	60	35	25	16	10	6	4	2

$$Sb = \frac{\mu_3}{\sigma^3} = 0,951. \quad (8)$$

Используя значение асимметрии Sb [23] рассматриваемого распределения и определив коэффициенты $K_b = 0,897$; $c_b = 0,574$; $V_b = 0,640$; $P_o = 0,568$, находим параметры распределения Вейбулла:

$$b = 1,6;$$

$$a = \frac{\sigma}{c_b} = 1,339 \cdot 10^4 \text{ цикл}, \quad (9)$$

$$c = T_{\min} = 1,302 \cdot 10^4 \text{ цикл}. \quad (10)$$

Статистические характеристики и параметры распределения Вейбулла с учетом расширения диапазона воздействия питающего напряжения составляют: $\bar{T} = 25\ 330$ цикл; $\sigma = 7686$ цикл; $a = 13\ 390$ цикл; $b = 1,6$; $c = 13\ 020$ цикл.

Оценка плотности распределения Вейбулла:

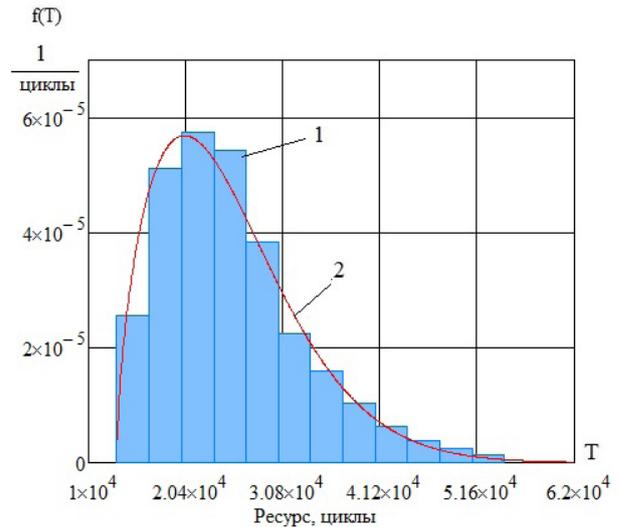
$$f(T) = 1,2 \cdot 10^{-4} \cdot \left(\frac{T - 13\ 020}{13\ 390} \right)^{0,6} \times \exp \left[- \left(\frac{T - 13\ 020}{13\ 390} \right)^{1,6} \right]. \quad (11)$$

График плотности распределения ресурса упорного подшипникового узла скважинных электронасосов с учетом нового диапазона воздействия питающего напряжения в сельском водоснабжении по результатам эксперимента представлен на рисунке 1.

Вероятность безотказной работы описывается формулой [23]:

$$P(T) = \exp \left[- \left(\frac{t - c}{a} \right)^b \right]. \quad (12)$$

График вероятности безотказной работы упорного подшипникового узла погружного электродвигателя скважинных электронасосов с учетом изменения уровней воздействия напряжения по результатам эксперимента приведен на рисунке 2.



1 – экспериментальная кривая,
2 – аппроксимированная кривая

Рис. 1. Плотность распределения ресурса упорного подшипникового узла скважинных электронасосов с учетом нового интервала воздействующего напряжения в сельском водоснабжении

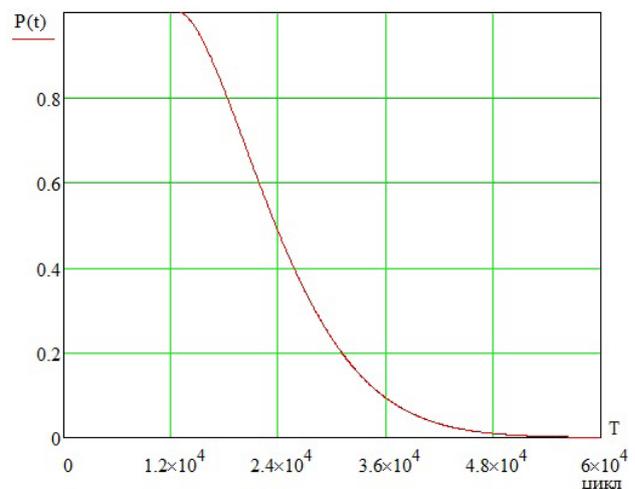


Рис. 2. Вероятность безотказной работы упорного подшипникового узла скважинных электронасосов по результатам эксперимента с учетом расширенного диапазона воздействия питающего напряжения

Выводы

Проведенные дополнительные исследования с учетом изменения уровней воздействия эксплуатационного фактора (питающего напряжения) в сельском водоснабжении привели к установлению новых значений параметров



распределения ресурса упорного подшипникового узла скважинных электронасосов.

Рекомендации

Уточненный ресурс упорных подшипниковых узлов скважинных электронасосов позволит научным и ремонтно-обслуживающим организациям принимать обоснованные решения по обеспечению работоспособности электронасосов при их изготовлении и эксплуатации.

Список литературы

1. Буторин В. А., Царев И. Б., Гусейнов Р. Т. Оценка ресурса упорного подшипникового узла погружного электродвигателя // АПК России. 2017. Т. 24. № 5. С. 1152–1156.
2. Буторин В. А., Гусейнов Р. Т. Разработка электрической схемы для проведения ресурсных испытаний упорного подшипникового узла погружного электродвигателя // Вестник СГАУ им. Вавилова. 2014. № 3. С. 46–49.
3. Буторин В. А., Гусейнов Р. Т. Основные факторы, влияющие на ресурс подшипниковых узлов погружных электродвигателей // Материалы ЛШ Международ. науч.-техн. конф. «Достижения науки – агропромышленному производству». Челябинск, 2014. Ч. 3. С. 241–246.
4. Буторин В. А., Гусейнов Р. Т. Разработка испытательного стенда для проведения ресурсных испытаний упорного подшипника погружного электродвигателя марки ПЭДВ // Вестник БГАУ. 2014. № 2 (30). С. 64–68.
5. Гусейнов Р. Т., Бабыкин Е. В. Зависимость скорости изнашивания элементов подшипниковых узлов от действующих факторов // Материалы ЛП Международ. науч.-техн. конф. «Достижения науки – агропромышленному производству». Челябинск, 2013. Ч. 5. С. 155–158.
6. Буторин В. А., Царев И. Б., Гусейнов Р. Т. Теоретическое обоснование ресурса упорного подшипникового узла погружного электродвигателя // АПК России. 2017. Т. 24. № 5. С. 1157–1160.
7. Оценка параметра начальной скорости изнашивания модели долговечности упорного подшипникового узла погружных электродвигателей / В. А. Буторин, Л. А. Саплин, И. Б. Царев, Р. Т. Гусейнов // АПК России. 2019. Т. 26. № 5. С. 801–805.
8. Аипов Р. С., Валишин Д. Е., Мухортова Е. И. Сравнительные характеристики скважинных центробежных насосов и плунжерных с линейным асинхронным электроприводом

// Материалы IX Междунар. науч.-практ. конференции / под общ. ред. В. А. Трушкина. 2018. С. 3–4.

9. Аипов Р. С., Валишин Д. Е. Исследование привода скважинного плунжерного насоса на базе ЦЛАД с неполнофазным режимом работы // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2017. № 3 (43). С. 43–49.

10. Герасимова М. Н., Логинов А. Ю. Оценка технического состояния центробежного насоса по комплексному показателю // Вестник ИрГСХА. 2017. № 81-1. С. 96–102.

11. Логинов А. Ю., Прудников А. Ю. Описание процесса изменения частоты вращения ротора асинхронного двигателя с помощью динамического звена второго порядка // Вестник ИрГСХА. 2017. № 81-2. С. 111–116.

12. Прудников А. Ю., Боннет В. В., Логинов А. Ю. Математическая модель асинхронного двигателя с эксцентриситетом ротора // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2015. № 6. С. 94–97.

13. Петько В. Г., Фомин М. Б. Анализ условий обледенения водонапорной башни Рожновского в системе водоснабжения объектов АПК // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 1 (63). С. 85–89.

14. Некрасов А. А. Диагностика подшипников электродвигателей // Сельский механизатор. 2016. № 8. С. 34–37.

15. Gritsenko A., Kukov S., Glemba K. Theoretical underpinning of diagnosing the cylinder group during motoring // Procedia Engineering 2. Ser. «2nd International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2016». 2016. С. 1182–1187.

16. Разработка метода и средства диагностирования электробензонасосов системы топливоподачи ДВС / А. В. Гриценко [и др.] // Транспорт: наука, техника, управление. 2015. № 1. С. 40–44.

17. Диагностирование электрических бензиновых насосов по комплексным выходным параметрам / А. М. Плаксин [и др.] // Фундаментальные исследования. 2014. № 11–12. С. 2610–2614.

18. Гриценко А. В., Цыганов К. А. Диагностирование электрических бензонасосов автомобилей // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2013. № 4. С. 22–23.

19. Результаты исследования выходных характеристик электрических насосов автомобилей при имитации сопротивления в нагнетательном

топливопроводе / А. В. Гриценко [и др.] // Фундаментальные исследования. 2014. № 11–5. С. 991–995.

20. Гриценко А. В., Цыганов К. А. Диагностирование электрических бензонасосов системы питания автомобилей с микропроцессорной системой управления двигателем // Материалы ЛП Междунар. науч.-техн. конф. «Достижения науки – агропромышленному производству». Челябинск : ЧГАА, 2013. С. 49–55.

21. Власов Д. Б., Гриценко А. В. Диагностирование электрических насосов автомоби-

лей // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 4–1 (15–1). С. 176–180.

22. Диагностирование электрических насосов по силе тока питания при сопротивлении в топливосистеме / К. В. Глемба, А. В. Гриценко, К. А. Цыганов, Д. Б. Власов // Евразийское Научное Объединение. 2015. Т. 1. № 11 (11). С. 16–18.

23. Груничев А. С., Михайлов А. И., Шор Я. Б. Таблицы для расчетов надежности при распределении Вейбулла. М. : Изд-во стандартов, 1974. 64 с.

Саплин Леонид Алексеевич, д-р техн. наук, профессор, ООО «Челябинский компрессорный завод».

E-mail: Lsaplin49@mail.ru.

Буторин Владимир Андреевич, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры «Электрооборудование и электротехнологии», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: butorin_chgau@list.ru.

Гусейнов Руслан Тофикович, кафедра «Электрооборудование и электротехнологии», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: ruslan-ural8@mail.ru.

Царев Игорь Борисович, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Электрооборудование и электротехнологии», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: tsarev@citydom.ru.

* * *

УДК 621.359.4

РАСЧЕТ КОНСТРУКТИВНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОФИЛЬТРА-ОЗОНАТОРА ДЛЯ СУШКИ ПЧЕЛИНОЙ ОБНОЖКИ

Л. А. Саплин, Т. А. Пыхтина, О. А. Гусева

Сформулированы технологические требования к электрофильтру-озонатору для сушки пчелиной обножки и создан его макет. Разработана методика расчета электрофильтра-озонатора, позволяющая теоретически и экспериментально определить параметры устройства, способного одновременно выделить из потока воздуха пылевидные загрязнения и получить озono-воздушную смесь с заданной концентрацией озона для защиты сырья от микрофлоры. Произведен расчет электрофильтра и получен график изменения концентрации озона от длины коронирующего электрода.

Ключевые слова: пчелиная обножка, обсемененность сырья, сушка в среде озono-воздушной смеси, двухфазная очистка воздуха, электрофильтр-озонатор.

Пчелиная обножка – это уникальный продукт пчеловодства, имеющий сложный и богатый состав, который по содержанию питательных веществ превосходит многие продукты питания, в том числе и мед. В ней идентифицировано около 250 веществ [1]. Химический состав пчелиной обножки разнообразен и зависит от вида растений, сроков сбора, климатических и географических условий. Основными компонентами ее являются: углеводы (глюкоза, сахароза, фруктоза, ксилоза, крахмал и др.), белковые вещества (протеин, аминокислоты, в том числе незаменимые – валин, изолейцин, лизин, лейцин, триптофан, треонин, метионин), липиды, витамины (группы В, аскорбиновая

кислота, токоферол, β -каротин и др.), макро- и микроэлементы (калий, натрий, кальций, магний, фосфор, кремний, железо, цинк и др.), ферменты, гормоны и другие биологически активные вещества [1, 3].

Главным вопросом технологии производства пчелиной обножки является сохранение ее природного состава путем консервирования. Наиболее распространенным способом консервирования, учитывая ее влажность 20–30%, является сушка. Известны различные технологии сушки пчелиной обножки, направленные на обезвоживание обножки и предупреждение развития микроорганизмов при максимальном сохранении в ней всех биологически активных

веществ (конвективная сушка, вакуумная, сублимационная, сушка инфракрасными лучами и т.д.), однако они не могут обеспечить длительное хранение продукта с полным сохранением его питательной ценности [2, 5, 6, 11, 15, 16].

С целью решения данной проблемы был предложен способ консервирования пчелиной обножки путем сушки в среде теплого озонированного воздуха с предварительной его двухфазной очисткой [4, 7, 8]. Для реализации данной технологии необходимо специальное оборудование. Устройство должно обеспечивать свойства пчелиной обножки, при которых она будет защищена в процессе длительной обработки от микробной порчи и от внесения потоком воздуха в массу сырья новых загрязнений.

Для решения данной задачи были сформулированы следующие технологические требования к электрофильтру-озонатору: процесс сушки должен проходить при температуре 35...38 °С в течение 24 ч, до влажности пыльцевых зерен 12–15% [2]; скорость воздушного потока, предназначенного для сушки некалиброванных по размеру частиц сырья, не должна превышать 0,01..0,02 м/с; размер площади для сушки пчелиной обножки должен составлять 0,08...0,1 м², что соответствует суточному объему сырья для обработки материала, получен-

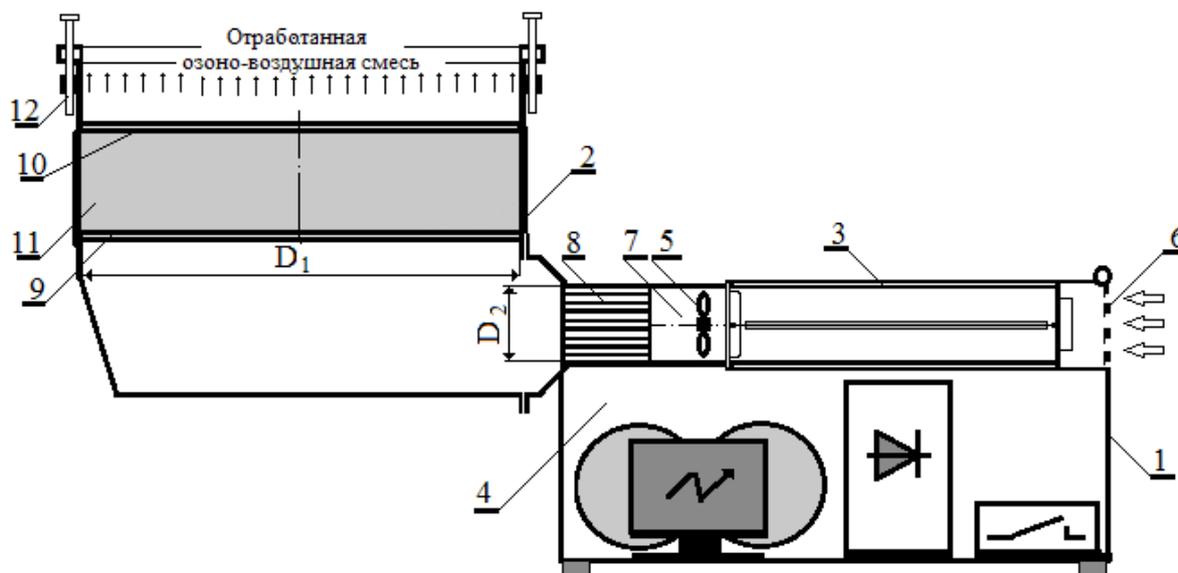
ного от 10 пчелосемей; сырье не должно загрязняться пылевидными частицами, содержащимися в поступающем для сушки воздушном потоке; воздушный поток, предназначенный для сушки сырья, должен обладать бактерицидными и бактериостатическими свойствами; сырье при сушке не должно подвергаться какому-либо механическому воздействию, вызывающему разрушение пыльцевых зерен.

Согласно вышеизложенным требованиям, необходимо разработать методику расчета электрофильтра-озонатора, позволяющую теоретически и экспериментально определить параметры устройства, способного одновременно выделить из потока воздуха пылевидные загрязнения и получить озono-воздушную смесь с заданной концентрацией озона для защиты сырья от микрофлоры.

Материалы и методы

Для проведения эксперимента был сконструирован электрофильтр-озонатор, снабженный термометром и гигрометром для контроля процесса сушки. Концентрация озона определялась измерителем озона 621 EX 02, скорость воздуха на входе озонатора – анемометром AR816⁺.

Для расчета конструктивных параметров была использована методика расчета электро-



1 – корпус электрофильтра-озонатора; 2 – корпус сушилки; 3 – фильтрующе-озонирующий блок; 4 – блок высокого напряжения и защиты; 5 – вентилятор; 6 – съемная защитная решетка-жалюзи воздухозаборника; 7 – канал подачи озono-воздушной смеси; 8 – нагреватель; 9 – полка-решетка для пчелиной обножки; 10 – сетка для выравнивания уровня сырья в сушилке; 11 – пчелиная обножка; 12 – фиксатор положения сетки

Рис. 1. Схема устройства для сушки пчелиной обножки теплым озонированным воздухом



фильтра по условию очистки озono-воздушной смеси от пыли.

Для экспериментальных исследований была использована свежесобранная пчелиная обножка. Для исследования готового продукта на наличие спор плесневых грибов пробы помещали в чашки Петри со средой Сабуро и ставили в термостат.

Результаты исследований

Для исследования конструктивных и технологических параметров электрофильтра-озонатора для сушки пчелиной обножки на кафедре «Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов» Южно-Уральского государственного аграрного университета разработано устройство для сушки пчелиной обножки теплым озонированным воздухом (рис. 1).

Устройство (рис. 1) позволяет выделять из воздушной смеси загрязнения, имеющие размер частиц пыли более $3,5 \cdot 10^{-6}$ м. Более мелкая пыль (ее мене 0,07%) свободно проходит через зернистую структуру обножки при сушке, а также не задерживается в других конструктивных элементах электрофильтра-озонатора [14]. Преимуществом данной сушильной установки является возможность получить воздушную смесь с концентрацией озона в пределах 0,9...1,0 мг/л (такое содержание озона в воздухе придает ему бактерицидные и бактериостатические свойства, не оказывающие отрицательного влияния на качества исходного сырья) [2, 9, 10].

Устройство работает следующим образом (рис. 1). В корпус сушилки 2 на полку-решетку 9 засыпают исходное сырье 11. Сеткой 10 и фиксатором положения 12 устанавливают одинаковый уровень насыпи пчелиной обножки в корпусе 2. Вентилятор 8 втягивает воздух через защитную решетку-жалюзи воздухозаборника 6 и трубу фильтрующе-озонизирующего блока 3 (такое расположение вентилятора не перемешивает слои воздуха в трубе, что способствует лучшему выделению пыли при электрофильтрации). Таким образом, процесс образования озона охватывает только те слои воздуха, которые соприкасаются с электродом-ершиком, что значительно уменьшает его концентрацию на выходе из озонатора. Вентилятор 8 перемешивает неоднородную озono-воздушную массу, усредняя содержание озона по ее объему. Далее озono-воздушная смесь движется через нагреватель 8 в сушилку 2.

На рисунке 2 представлена схема фильтрующе-озонизирующего блока с вентилятором.

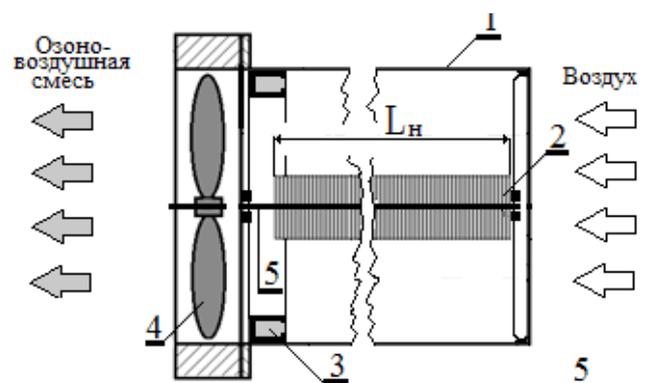
Блок высокого напряжения 4, состоящий из трансформатора, выпрямителя и токовой защиты, создает между катодом и анодом высокое напряжение. Воздушный поток (рис. 2), продвигаясь между внутренним корпусом трубы (анодом) 1 и коронирующим электродом-ершиком (катодом) 2, очищается от пылевых загрязнений и озонируется. Далее очищенная озono-воздушная смесь нагревается до температуры 35–36 °С и при прохождении через зернистую структуру сырья 11 производит его сушку.

Концентрация озона в воздухе в 0,9–1,0 мг/л создает бактерицидную и бактериостатическую среду в массе сырья, препятствующую развитию микрофлоры, даже при оптимальной температуре для ее развития (35–36 °С) [1, 2]. Очищенный воздух не загрязняет сырье даже при работе устройства в течение 2–3 суток.

После сушки сырья труба фильтрующе-озонизирующего блока вынимается за скобу из корпуса 1 (рис. 1), через защитную решетку-жалюзи воздухозаборника 6. Пылесборник в трубе освобождает от осевшей пыли с помощью потока воды или воздуха.

На рисунке 3 представлена схема для расчета ячейки электрофильтра-озонатора.

Расчет электрофильтра по условию очистки озono-воздушной смеси от пыли был выполнен в следующем порядке (методика расчета).



- 1 – труба фильтрующе-озонизирующего блока;
- 2 – коронирующий электрод-ершик (катод);
- 3 – карман для сбора пыли; 4 – вентилятор; 5 – ось коронирующего электрода; 6 – иглы-электроды

Рис. 2. Схема фильтрующе-озонизирующего блока с вентилятором

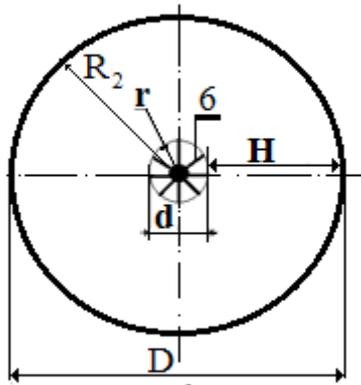


Рис. 3. Сечение трубы электрофилтра-озонатора

Соотношения между сечениями трубопроводов и скоростями потока воздуха в них:

$$S_1 \cdot V_1 = S_2 \cdot V_2, \quad (1)$$

где S_1 – площадь сушильной камеры для размещения исходного сырья, m^2 ;

V_1 – скорость воздушного потока, m/c ;

S_2 – площадь сечения электрофилтра-озонатора для подачи воздуха в сушильную камеру, m^2 ;

V_2 – скорость воздушного потока в камере электрофилтра-озонатора, m/c .

Сечение озонатора S_2 :

$$S_2 = \frac{S_1 \cdot V_1}{V_2}. \quad (2)$$

Исходя из условий работы конструкции и технических требований к электрофилтру принято $S_1 = 0,095 m^2$, $V_1 = 0,01 m/c$, $V_2 = 0,15 m/c$ (большее значение V_2 приводит к образованию устойчивой струи воздуха, нарушающей равномерность потока в камере для сушки сырья).

Тогда согласно (2) $S_2 = 0,00635 m^2$.

Из условия, что площадка для сушки сырья и канал электрофилтра-озонатора имеют форму круга, возможно рассчитать величины радиуса сушилки и радиуса трубы электрофилтра по формуле:

$$R = \sqrt{\frac{S}{\pi}}. \quad (3)$$

Тогда радиус сушилки $R_1 = 0,174 m$, радиус трубы электрофилтра $R_2 = 0,045 m$.

Необходимая разность потенциалов между электродами электрофилтра при $R_2 = 4,5 cm$:

$$u = E \cdot H, \quad (4)$$

где E – градиент напряжения, kB/cm ;

H – минимальное расстояние между разноименными электродами, cm .

Для конструкций трубчатого типа $E = 4 kB/cm$, при $H = 4 cm$ значение $u = 16 kB$.

В соответствии с рекомендациями источника [12, 13] рассчитано время движения τ_0 загрязнений к осадительному электроду:

$$\tau_0 = \frac{R^2 - r^2}{2A}, \quad (5)$$

где R – расстояние между осадительным электродом и осью коронирующего электрода (рис. 3), $R = 4,5 cm$;

r – радиус коронирующего электрода, $r = 0,5 cm$.

Значение эмпирического коэффициента A , cm^2/c [3] определяется по формуле:

$$A = \frac{ue \left(1 + 0,81 \frac{l}{d_2} \right) \cdot 9,81}{10^{-6} \cdot 21,6 \cdot d_2 \cdot \mu \cdot \lg \frac{H}{r}}, \quad (6)$$

где u – разность потенциалов между коронирующим и осадительным электродом, B ;

e – заряд электрона, $Kл$;

μ – динамическая вязкость сухого воздуха, $H \cdot c/m^2$;

d_2 – средний размер частиц пыли, cm ;

l – длина среднего пробега молекулы очищенного воздуха, cm/c (при температуре $0 \text{ } ^\circ C$ $l_0 = 1,12 \cdot 10^{-5} cm$).

Для температуры $20 \text{ } ^\circ C$ пробег молекулы очищенного воздуха определяется по формуле:

$$l^{20^\circ C} = l^{0^\circ C} \cdot \sqrt{\frac{273 + t^{20^\circ C}}{273}} = 1,12 \cdot 10^{-5} \cdot \sqrt{\frac{273 + 20}{273}} = 1,20 \cdot 10^{-5} cm/c. \quad (7)$$

При значении $u = 16 \cdot 10^3 B$, $e = 1,6 \cdot 10^{-19} Kл$, $l_0 = 1,2 \cdot 10^{-5} cm/c$, $\mu = 2,06 \cdot 10^{-5} H \cdot c/m^2$,



$d_2 = 3,5 \cdot 10^{-5}$ см, $H = 4,0$ см, $r = 0,5$ см величины $A = 22,8$ см²/с, $\tau_0 = 0,55$ с.

Минимальная длина активного электрического поля, обеспечивающего улавливание частиц пыли:

$$L_{\min} = V_2 \cdot \tau_0, \text{ м}, \quad (7)$$

где L_{\min} – минимальная длина электрического поля, которую должен проходить газ в процессе очистки, м.

При значении $V_2 = 0,15$ м/с и $\tau_0 = 0,55$ с, $L_{\min} = 0,08$ м.

Номинальное время пребывания газа в электрофильтре τ_n , связанное с «запасами» времени для осаждения загрязняющих частиц:

$$\tau_n = k \cdot \tau_0, \quad (8)$$

где k – коэффициент запаса времени для осаждения частиц в электрическом поле ($k = 2 \dots 4$).

При значении k в заданном промежутке, $\tau_n = 1,1 \dots 2,2$ с.

Номинальная длина коронирующего электрода для электрофильтрации воздуха:

$$L_n = V_2 \cdot \tau_n. \quad (9)$$

При значениях $V_2 = 0,15$ м/с и $\tau_n = 1,1 \dots 2,2$ с длина коронирующего электрода должна быть в пределах $L_n = 0,165 \dots 0,330$ м.

Определение параметров электрофильтра-озонатора по условию создания заданной кон-

центрации озона выполнено на основе экспериментальных исследований.

Для получения графика изменения концентрации озона K от длины коронирующего электрода L_k были получены значения этого показателя при размерах L_k электрода, равных: 200, 250, 300, 350 и 400 мм. Точки получены для скорости озono-воздушной смеси $V_2 = 0,15$ м/с. Каждое значение длины коронирующего электрода определено с трехкратной повторностью. Скорость воздуха устанавливали на входе озонатора с помощью жалюзи воздухозаборника.

График зависимости концентрации озона на выходе электрофильтра-озонатора от длины коронирующего электрода представлен на рисунке 4.

Из рисунка 4 видно, что необходимая для сушки сырья концентрация озона (0,9...1,0 мг/л) достигается при длине коронирующего электрода $L_k = 305 \dots 350$ мм.

Сравним результаты двух расчетов по длине коронирующего электрода:

1. $L_n = 165 \dots 330$ мм, из условия очистки озono-воздушной смеси от частиц размером более $d_2 = 3,5 \cdot 10^{-6}$ м;

2. $L_k = 303 \dots 350$ мм, из условий создания концентрации озона в озono-воздушной смеси на выходе из ячейки электрофильтра-озонатора в пределах 0,9...1,0 мг/л.

Сопоставление длин коронирующего электрода позволяет сделать вывод о том, что в параметрах расчета конструкции имеется общий интервал, удовлетворяющий обоим условиям работы, равный $L = 303 \dots 330$ мм.

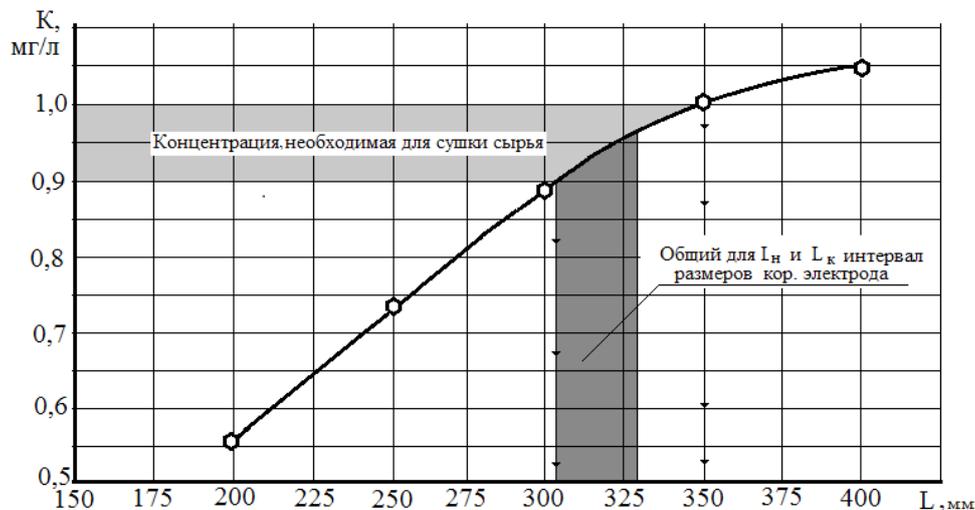


Рис. 4. Зависимость концентрации озона на выходе электрофильтра-озонатора от длины коронирующего электрода (при скорости воздушного потока $V_2 = 0,15$ м/с)

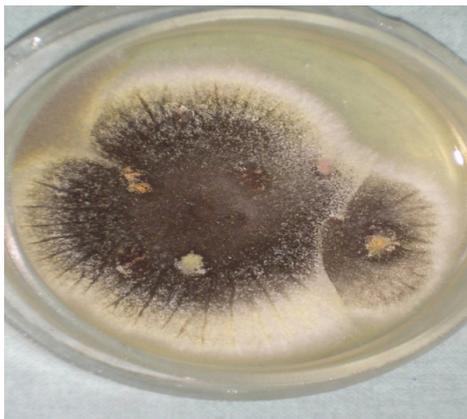


Рис. 5. Обсемененность пыльцы, высушенной по технологии при отключенной системе очистки воздуха от пылевых загрязнений и озонирования



Рис. 6. Обсемененность пыльцы, высушенной по технологии при очистке воздуха от пылевых загрязнений и озонирования до концентрации озона $K = 0,55...0,6$ мг/л



Рис. 7. Обсемененность пыльцы, высушенной по технологии при очистке воздуха от пылевых загрязнений и озонирования до концентрации озона $K = 0,95$ мг/л

Для дальнейших исследований в электрофилт্রে-озонаторе использован коронирующий электрод $L = 320$ мм, обеспечивающий концентрацию озона в камере для сушки сырья $K = 0,95$ мг/л.

Исследования проводили в лаборатории кафедры «Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов». Свежесобранную пчелиную обножку разделили на три равные части и сушили при разных режимах: первая – при отключенной системе очистки воздуха от пылевых загрязнений и озонирования, вторая – при очистке воздуха от пылевых загрязнений и озонирования до концентрации озона $K = 0,55...0,6$ мг/л, третья – при очистке воздуха от пылевых загрязнений и озонирования до концентрации озона $K = 0,95$ мг/л. Готовый продукт исследовали на наличие спор плесневых грибов.

Исследования проводили в двукратной повторности по следующей методике: 15 гранул от каждой пробы помещали в чашки Петри со средой Сабуро и ставили в термостат. Инкубацию вели при температуре $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 5 суток с предварительным учетом через 3 суток.

Результат исследования показан на рисунках 5–7.

Анализ рисунков 5–7 показал, что в первом случае (при отключенной системе очистки воздуха от пылевых загрязнений и озонирования) наблюдается большой рост плесневых грибов, поражено 80% гранул. Во втором случае (при очистке воздуха от пылевых загрязнений и озонирования до концентрации озона $K = 0,55...0,6$ мг/л) поражено 30%, встречается видовое разнообразие плесневых грибов. В третьем случае (при очистке воздуха от пылевых загрязнений и озонирования до концентрации озона $K = 0,55...0,6$ мг/л) все гранулы остались без поражения плесневыми грибами.

Выводы

Разработана методика расчета электрофилт্রে-озонатора для сушки пчелиной обножки, основанная на сравнении длины активной части фильтрующе-озонирующего блока при очистке воздуха от пылевых загрязнений и получении газовой смеси с определенной концентрацией озона. Необходимая для сушки сырья концентрация озона ($0,9...1,0$ мг/л) с заданным пределом выделения пылевых загрязнений достигается при длине коронирующего электрода $L = 303...330$ мм.



Экспериментально определено, что применение системы очистки воздуха от пылевых загрязнений и озонирование снижает риск поражения сырья плесневыми грибами, оптимальными параметрами при сушке пчелиной обножки в электрофилт্রে-озонаторе, при которых поражение сырья плесневыми грибами не было обнаружено, являются очистка воздуха от пылевых загрязнений до диаметра частиц более $d_2 = 3,5 \cdot 10^{-6}$ м и концентрация озона $K = 0,95$ мг/л.

Рекомендации

Оптимальная длина коронирующего электрода, при котором будет соблюдаться условие очистки озono-воздушной смеси от частиц размером более $d_2 = 3,5 \cdot 10^{-6}$ м, и условие создания концентрации озона в озono-воздушной смеси на выходе из ячейки электрофилт্রে-озонатора в пределах 0,9...1,0 мг/м, находится в пределах 303...330 мм.

Условия получения одним и тем же рабочим органом электрофилт্রে-озонатора, управляемым по режимам работы процессов, одновременной очистки воздуха от пылевых загрязнений и получение озono-воздушной смеси с заданными пределами концентрации озона:

– ламинарный процесс движения воздуха в фильтрующе-озонированном блоке со скоростью не более 0,15...0,18 м/с, созданный работающим на выходе вентилятором, который кроме того смешивает готовую озono-воздушную смесь, усредняя количество озона по всему объему газа;

– соответствующая разность потенциалов между электродами (катодом и анодом), которая при радиусе трубы электрофилт্রে $R_2 = 45$ мм должна составлять 16 кВ;

– использование в устройстве катода в виде электрода-ершика, который значительно сокращает длину коронирующей части конструкции при получении озono-воздушной смеси с заданными пределами концентрации озона.

Список литературы

1. Продукты пчеловодства и здоровье человека / М. Ф. Шеметков, Д. К. Шапиро, И. К. Дануевич. Мн. : Ураджай. 102 с.
2. Пат. 2363151 Рос. Федерация. Способ приготовления корма из пчелиной обножки. № 2008120742 ; заявл. 23.05.2008 ; опубл. 10.08.2009, Бюл. № 22.

3. Ишмуратов Н. М., Циколенко С. П., Гордиевских М. Л. Показатели качества пчелиной обножки, полученной на Южном Урале, и результаты ее консервирования по новой технологии // Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности и общественного питания : сб. матер. III Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием / ЮУрГУ. Челябинск, 2010. С. 267–270.

4. Гордиевских М. Л., Пыхтина Т. А. Обоснование способа и конструкции устройства для сушки пчелиной обножки // АПК России. 2015. № 72/2. С. 97–102.

5. Лебедев В. И., Яковлев А. С. Технология производства цветочной пыльцы на пасеках. М., 1995. С. 3–4.

6. Сушка пыльцевой обножки в инфракрасных лучах / С. К. Волончук, Г. П. Чекрыга, Т. Т. Кузнецова, И. Г. Трещук // Пчеловодство. 2010. № 2. С. 52–53.

7. Гордиевских М. Л., Пыхтина Т. А. Исследование зависимостей процесса сушки и обеззараживания пчелиной обножки в «кипящем слое» теплого озонированного воздуха // Материалы ЛП Междунар. науч.-техн. конф. «Достижение науки – агропромышленному производству». Челябинск : ЧГАА, 2013. Ч. 3. С. 140–146.

8. Гордиевских М. Л., Пыхтина Т. А. Исследование изменения свойств пчелиной обножки в процессе сушки и хранения // Материалы ЛП Междунар. науч.-техн. конф. «Достижения науки – агропромышленному производству». Челябинск : ЧГАА, 2012. Ч. 3. С. 83–89.

9. Пыхтина Т. А., Циколенко С. П. Способ приготовления пчелиной обножки для подкормки пчелиных семей в условиях защищенного грунта // Материалы региональной науч.-практ. конференции. Сибай, 2009. С. 115–117.

10. Циколенко С. П., Гордиевских М. Л., Циколенко А. С. Обеззараживание озонem пчелиной пыльцевой обножки и углеводного корма // Гавриш. 2011. № 1. С. 36–38.

11. Волошин А. П., Волошин С. П. Электротехнологические способы сушки цветочной пыльцы // Сельский механизатор. 2018. № 7–8. С. 30–31.

12. Процессы и аппараты пищевых производств: примеры и задачи / А. П. Николаев [и др.]. Киев : Высш. шк., 1992. 232 с.

13. Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А. Примеры и задачи по курсу «Процессы

и аппараты химической технологии» : учеб. пособ. для вузов / под ред. П. Г. Романкова. Л. : Химия, 1981. 560 с.

14. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов : справоч. изд. М. : Металлургия, 1986. 544 с.

15. Kanar Y., Mazi B. G. Effect of different drying methods on antioxidant characteristics of

bee-pollen // Journal of food measurement and characterization. 2019. Т. 13. С. 3376–3386.

16. Isik A., Ozdemir M., Doymaz I. Effect of hot air drying on quality characteristics and physicochemical properties of bee pollen // Food science and technology. 2019. Т. 1. С. 224–231.

Саплин Леонид Алексеевич, д-р техн. наук, профессор, ООО «Челябинский компрессорный завод».

E-mail: Lsaplin49@mail.ru.

Пыхтина Татьяна Андреевна, аспирант кафедры энергообеспечения и автоматизации технологических процессов, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: t.pykhtina@yandex.ru.

Гусева Ольга Анатольевна, канд. техн. наук, доцент кафедры энергообеспечения и автоматизации технологических процессов, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: gusevaoa2010@mail.ru.

* * *

УДК 621.43.018.7

ПРИМЕНЕНИЕ ВОДНОЙ ИНЖЕКЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ ТРАКТОРА

А. В. Старцев, А. С. Гузенко, М. А. Васильев, В. Н. Ванин

В статье проведен ретроспективный анализ применения водной инжекции для повышения мощности теплового двигателя сельскохозяйственного трактора и ее дальнейшего развития в авиации. Установлено, что водная инжекция является эффективным способом повышения среднего эффективного давления, способствует повышению мощности двигателя и снижению детонации. Среднее повышение мощности составляет 10...20%. Применение водной инжекции на серийных двигателях сельскохозяйственных тракторов требует применения автоматизированных систем управления с регулировкой подачи воды в зависимости от температурного режима, для чего необходима дальнейшая разработка алгоритмов управления и совершенствования исполнительных механизмов.

Ключевые слова: тепловой двигатель, трактор, водная инжекция, эффективное давление, мощность.

Со времени изобретения теплового двигателя перед человечеством стоит проблема повышения его КПД. В частности речь идет прежде всего о тепловом (термическом) КПД. Как известно, тепловой КПД представляет собой отношение теплоты, преобразованной в механическую работу, к теплоте, внесенной в двигатель с топливом (подведенной к рабочему телу).

Другими словами

$$\eta_t = \frac{A_t}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1},$$

где A_t – тепло, преобразованное в течение прямого обратимого термодинамического цикла в механическую работу;

Q_1 – тепло, подведенное в течение прямого обратимого термодинамического цикла к рабочему телу;

Q_2 – тепло, отданное в течение прямого обратимого термодинамического цикла рабочим телом.

В настоящее время КПД применяемых дизельных двигателей не превышает 33%, а карбюраторных – 25% [1].

В то же время известно, что температура газов в камере сгорания теплового двигателя

превышает 2000 °С, рабочие поверхности деталей цилиндропоршневой группы нагреваются до 1500 °С и более. Нет необходимости долго говорить о том, что значительная часть теплоты уносится с отработавшими газами, температура которых достигает 500...700 °С. Кроме того, для снижения теплонапряженности деталей двигателя используется достаточно мощная система охлаждения. В этой связи напрашивается логический вывод о том, что тепловой двигатель было бы гораздо эффективнее использовать в качестве теплогенератора, нежели в качестве источника механической энергии.

В то же время известны технические разработки, позволяющие значительно повысить термический КПД тепловых двигателей за счет использования воды в качестве присадки к топливу [2]. Влияние воды на термодинамические процессы в двигателе внутреннего сгорания начали детально исследовать уже в 30-е годы прошлого столетия сразу в нескольких ведущих странах мира, в частности в Германии, Соединенных Штатах Америки и СССР. Наибольший интерес представляло использование воды в качестве антидетонационной присадки, что позволяло использовать топлива низкого качества. Это было особенно актуально в годы Второй мировой войны, когда высококачественного топлива катастрофически не хватало. Кроме того, исследовалось влияние воды на внутреннее охлаждение двигателя, что также было достаточно актуально.

Нужно сказать, что в 1930–1940-х годах технологии впрыска воды в цилиндры двигателя внутреннего сгорания в этих странах получили достаточно широкое распространение. В частности, в СССР увлажнение воздуха нашло широкое применение в теплоэнергетике при сжигании котельных топлив. Впрыск воды в цилиндры двигателей применялся в корабельных силовых установках, в двигателях тракторов, автомобилей и самолетов.

На Сталинградском и Харьковском тракторных заводах серийно выпускался сельскохозяйственный трактор СТЗ-ХТЗ 15/30, снабженный системой впрыска воды [3, 4, 5]. Система впрыска воды позволила повысить мощность двигателя трактора, снизить температуру и эффективно бороться с детонацией. Однако учитывая низкую квалификацию обслуживающего персонала (трактористов сельского хозяйства того времени), сложность эффективного ис-

пользования данной системы не позволила раскрыть все ее потенциальные возможности. Впоследствии от этой системы для двигателей сельскохозяйственных тракторов было решено отказаться.

Вместе с тем, результаты высокой эффективности использования водной инъекции для увеличения мощности двигателя внутреннего сгорания не были забыты и получили свое дальнейшее развитие в высокотехнологичных силовых установках, в частности – в авиационных двигателях.

Первые попытки применения впрыска воды в двигатель самолета можно отнести к 1936 году, когда в ЦИАМ были проведены испытания малоразмерного авиационного двигателя с наддувом. В результате был получен значительный антидетонационный эффект и зафиксировано повышение мощности двигателя.

В конце 1941 года НИИ ГВФ, совместно с Институтом химической физики АН СССР, были начаты работы по впрыску воды в цилиндры поршневых авиационных двигателей. В результате проведенных работ на исследовательской одноцилиндровой установке и на полноразмерных двигателях «была установлена полная возможность и целесообразность применения впрыска воды как средства подавления детонации и повышения мощности моторов» [6]. В период 1942–1943 годов были проведены сначала 50-часовые (причем в зимний период), а затем 400-часовые летные испытания системы впрыска воды в двигатель АШ-62ИР на транспортном самолете. Проведенные испытания показали достаточно высокую эффективность применения данной системы в авиации. В результате НИИ ГВФ предложил использование системы впрыска воды на других силовых установках с их последующими испытаниями на испытательных станциях моторостроительных заводов НКАП (Народный комиссариат авиационной промышленности), а также на боевых самолетах ВВС СССР. ГК НИИ ВВС был проведен ряд исследований системы впрыска воды в авиационные двигатели, как на испытательных стендах, так и в условиях эксплуатации боевых самолетов. Проведенные испытания полностью подтвердили эффективность применения системы впрыска воды в части увеличения мощности и снижения детонации, однако расширенного применения системы не получилось. Вероятнее всего, это может быть объяс-



нено тяжелыми годами Великой Отечественной войны и, как следствие, низкой квалификацией обслуживающего и летного состава ВВС.

В то же время в Германии и США впрыск воды в авиации, в том числе и военной, завоевал достаточно высокую популярность.

В Германии уже в середине Второй мировой войны в истребительной авиации началось применение смеси MW (нем. Methanol-Wasser) как добавки к основному топливу [7]. Очевидно, что разработка данных систем началась значительно раньше их непосредственного использования на самолетах. В частности, литературный источник [8] сообщает о том, что в 1937 году на международной авиационной выставке, проходившей в Цюрихе (Германия), демонстрировались самолеты с различными видами дополнительного впрыска в двигатель различных смесей. В качестве основных видов смесей использовались: впрыск водометаноловой смеси, впрыск водозтаноловой смеси, впрыск воды, система GM 1 (N_2O – веселящий газ), впрыск кислорода, дополнительный впрыск топлива. Соответственно, наибольшее распространение получил впрыск водометаноловой смеси MW как наиболее дешевый и достаточно эффективный.

Первоначально исследования проводились на установке со смесью MW 0 (чистая дистиллированная вода) и MW 100 (чистый метиловый спирт). Затем исследовалась система впрыска MW 30 (69,5% – дистиллированная вода, 30,0% – метиловый спирт, 0,5% – антикоррозийная присадка «Schutzol 39»). Вместе с тем, наилучшие результаты были получены на установке, использующей смесь MW 50 (49,5% – дистиллированная вода, 50,0% – метиловый спирт, 0,5% – антикоррозийная присадка «Schutzol 39»). Смесью-присадка MW 50 стала самой распространенной в авиации Германии. Ее применение позволило увеличить мощность авиационных двигателей на 10...15% на высотах до 5000 м. Расход смеси MW 50 на взлетном режиме составлял около 160 л/ч, расход основного топлива истребителем Messerschmitt Bf.109 с двигателем DB 605AM – 480 л/ч [9]. Таким образом, общий расход топлива составлял 640 л/ч. Нетрудно посчитать, что доля смеси MW 50 составляла около 25%.

Истребитель Messerschmitt Bf.109 представлял собой самую массовую модель самолета германских ВВС и был запущен в произ-

водство осенью 1942 года. Мощность двигателя DB 605AM без применения смеси MW 50 составляла 1575 л.с., а с ее применением – 1800 л.с. (увеличение на 14,3%). Прибавка мощности двигателя обеспечивала прибавку скорости на 30...50 км/ч, что являлось значительным преимуществом в ходе воздушного боя. Впоследствии применение смеси MW 50 продолжилось на тяжелых истребителях Messerschmitt Me.210 серии C-1, C-2, C-3 и D-1, которые оснащались двигателями DB 605B.

В июне 1942 года возможность использовать систему MW 50 получили истребители Focke-Wulf Fw.190 серии A-4 с двигателем BMW 801D2 [10]. Справедливости ради нужно отметить, что наладить своевременную поставку системы MW 50 для этого самолета не удалось, поэтому массовое ее применение было осуществлено только на серии A-8, в январе 1944 года.

Нужно отметить, что Германия добилась практически штатного применения устройств впрыска воды в авиационный двигатель. Повышенный интерес Германии к этой проблеме легко объясним. В течение Второй мировой войны Германия не обладала качественным авиационным топливом, поэтому поиск и применение эффективных присадок к топливу ей были жизненно необходимы. Неизвестно, каким бы образом развивалось это направление в дальнейшем, но с поражением Германии во Второй мировой войне эти работы были прекращены.

До настоящего времени не ослабевает интерес к впрыску воды в США. Началом публикаций на данную тему можно считать статью Прескотта Ф.Л. «Военные авиационные двигатели будущего» [11], вышедшую в свет в 1936 году. В данной статье автор указывает на то, что использование воды способствует снижению детонации и повышает среднее эффективное давление в цилиндре двигателя, следовательно, и мощность. Кроме воды использовались и другие компоненты. В частности известна работа М.С. Каринга «Впрыск воды и водно-спиртового топлива в авиационный двигатель с наддувом Jaguar» [12], опубликованная в 1938 году в Канаде. В данной статье подтверждаются положительные стороны использования воды и водно-спиртовой смеси в авиационных двигателях.

Начало Второй мировой войны и связанный с ней образовавшийся дефицит качественного авиационного топлива, а также разработки

немецких инженеров подтолкнули США вплотную заняться проблемой водной инжекции в авиационные двигатели. Нужно отметить, что применение систем водной инжекции происходило в экстренном порядке, по распоряжению Технического отдела ВВС США, без проведения полного объема испытаний. О важности и экстренности этих работ свидетельствуют отчеты НАСА: «Инжекция воды к входному воздуху как средство внутреннего охлаждения в цилиндрах авиадвигателя» (1942 г.) [13], «Впрыск воды в торцевой зоне как средство подавления детонации в двигателе с искровым зажиганием» (1944 г.) [14].

Массовое практическое применение системы впрыска воды нашла на тяжелом истребителе-бомбардировщике Рипаблик Р-47D-5-RE «Тандерболт» (англ. Republic P-47 Thunderbolt) (англ. *thunderbolt* – удар грома), который серийно выпускался с 1942-го по 1945 годы и стал одним из основных самолетов ВВС США времен Второй мировой войны [15]. Применение системы впрыска воды позволила увеличить мощность 18-цилиндрового двигателя воздушного охлаждения компании Pratt & Whitney R-2800-59 на 15% (на форсажном режиме, мощность составляла 2535 л.с.). Система впрыска воды обеспечила бездетонационную работу двигателя и эффективное охлаждение головок цилиндров. Емкость бака для воды составляла 57 л. Система позволяла добавлять в воду метиловый спирт и антикоррозийные присадки. Системы впрыска воды устанавливались также на двигатели американской авиационной компании Allison Engine Company, в частности на двигатель V-1710-93 [6].

Нужно особо отметить, что на сериях D-5 управление системой осуществлялось пилотом в ручном режиме, а на последующих сериях – автоматически, что позволило исключить влияние человеческого фактора. Возможно, именно это обстоятельство позволило избежать тех негативных проявлений от впрыска воды, которые «отпугивают» службы эксплуатации двигателей по сегодняшний день.

С окончанием Второй мировой войны и переходом авиации от поршневых двигателей на газотурбинные и турбореактивные интерес ВВС США к впрыску воды не пропал. На сегодняшний день известен самолет-заправщик Боинг KC-135 Stratotanker, снабженный четырьмя

ТРДД Pratt & Whitney J57-P-59W (с впрыском/без впрыска воды 4×6250/4×5100 кгс: увеличение тяги на 22,5%, улучшение топливной экономичности на 25%) [16, 17, 18]. Нужно отметить, что авиационный двигатель J57 (заводское обозначение – JT3C), запущенный в серию в 1953 году, до настоящего времени остается основным турбореактивным двигателем ВВС США [18]. Кроме того, самолет KC-135 является самолетом-долгожителем, в частности, по данным [16] он останется на вооружении ВВС США до 2020 года, а источник [17] указывает на возможность его использования до 2040 года.

Таким образом, впрыск воды обеспечивает улучшение воспламеняемости и сгорания топлива, независимо от его качества, способствует уменьшению токсичности отработавших газов и топливной экономичности тепловых двигателей. Вместе с тем, использование воды требует достаточно сложной системы регулирования подачи воды в совокупности с мониторингом температурного режима работы двигателя.

В рамках разработки алгоритма управления подачей воды в тепловой двигатель авторами данной статьи были проведены экспериментальные исследования на поршневом дизельном двигателе 4Ч 11/12,5 (Д-240), который применяется на универсально-пропашном тракторе МТЗ-80/82. В процессе проведения экспериментальных исследований было установлено, что применение водной инжекции способствует увеличению эффективной мощности: на номинальном режиме – на 10,84 кВт (на 19,59%); на режиме максимального крутящего момента – на 8,23 кВт (на 20,50%) [19, 20]. Относительная экономия дизельного топлива при применении водной инжекции с долей воды, равной 30%, достигает 36 г/кВт·ч эффективной мощности [21].

Выводы

Водная инжекция является эффективным способом повышения среднего эффективного давления, способствует повышению мощности двигателя и снижению детонации. Среднее повышение мощности составляет 10...20%.

От применения впрыска воды в двигатель сельскохозяйственного трактора СТЗ-ХТЗ 15/30 было решено отказаться вследствие сложности управления системой впрыска и низкой квалификацией обслуживающего персонала того времени. Применение впрыска воды в авиаци-



онные двигатели было продиктовано необходимостью снижения удельной массы двигателя (отношение массы двигателя к его мощности), что для авиации является достаточно актуальным показателем.

Применение водной инъекции на серийных двигателях сельскохозяйственных тракторов требует применения автоматизированных систем управления с регулировкой подачи воды в зависимости от температурного режима, для чего необходима дальнейшая разработка алгоритмов управления и совершенствования исполнительных механизмов.

Список литературы

1. Впрыск паров воды в топливную смесь ДВС. Режим доступа : https://rakarskiy.io.ua/s482116/vprysk_parov_vody_v_toplivnyu_smes_dvs.
2. Вода как добавка к топливу. Режим доступа : <https://globecore.ru/stati/danilov/14-voda-kak-dobavka-k-toplivu.html>.
3. Кузнецов И. Г. Значение подачи воды в двигатель трактора // Механизация социального сельского хозяйства. 1937. № 4.
4. Баженов Ш. Без впрыска воды в цилиндры СТЗ-ХТЗ не работать // Тракторист-комбайнер. 1940. VIII. № 15. 1940.
5. СТЗ-ХТЗ 15/30 // Техника молодежи. М., 1975. № 2. Режим доступа : http://technicamolodezhi.ru/rubriki_tm/stz-htz_15_30/stz-htz_15_30.
6. Впрыск воды в авиационные двигатели / Н. Ф. Кайдаш, К. К. Папок, Е. В. Любановский, Ю. П. Блонский. М. : Научно-исследовательский институт ГВФ, Редакционно-издательский отдел Аэрофлота, 1946. 96 с. : ил.
7. Николаев А. Сердце истребителя. Режим доступа : <https://web.archive.org/web/20071027071721/http://engine.avias.com/issues/07/page44.html>.
8. Увеличение мощности авиационных двигателей при помощи дополнительного впрыска. Режим доступа : <http://alternathistory.com/uvlichenie-moshhnosti-aviatsionnyh-dvigatелеj-pri-pomoshhi-dopolnitelnogo-vpryska/>.
9. Иванов С. В. Messerschmitt Bf 109. Ч. 3. Режим доступа : <https://military.wikireading.ru/26769>.
10. Истребитель Фокке-Вульф FW-190 (Германия) // Армии и Солдаты / Военная энциклопедия / Авиация / Военная авиация в период с 1937 по 1945 г. Режим доступа : <http://armedman.ru/samoletyi/1937-1945-samoletyi/istrebitel-fokkevulf-fw-190-germaniya.html>.
11. Prescott Ford L. Military Aircraft Engines of the Future. Mech. Eng. 1936. Vol. 58. № 3. P. 157–161.
12. Kuhring M. S. Water and Water-Alcohol Injection in a Supercharged Jaguar Aircraft Engine. Canadian Jour. Res., sec. A. 1938. Vol. 16. P. 149–176.
13. The Induction of Water to the Inlet Air as a Means of Internal cooling in Aircraft-engine Cylinders. Report № 756 // Addison M. Rothrock, Alois Krsek, Jr., and Anthony W. Jones / Langley Memorial Aeronautical Laboratory NACA. Langley Field, Va., August 15, 1942.
14. End-zone Water injection as a Means of Suppressing knock in a Spark-ignition Engine. Wartime Report // Rinaldo J. Brun, H. Lowell Olsen, and Cearcy D. Miller / Cleveland Aircraft Engine Research Laboratory NACA, Ohio. Originally Issued September 1944 as Restricted Bulletin E4127.
15. P-47 «Тандерболт» // Авиация и космонавтика (АиК). 2004. № 7. Режим доступа : http://www.libma.ru/transport_i_aviacija/aviacija_i_kosmonavtika_2004_07/p5.php.
16. Кудишин И. В., Ильин В. Е. Военно-транспортная авиация зарубежных стран. М. : ООО «Издательство Астрель» ; ООО «Издательство АСТ», 2001. 128 с. : ил. (Современная авиация).
17. Boeing KC-135 Stratotanker. Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/Boeing_KC-135_Stratotanker.
18. Pratt & Whitney J57. Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/Pratt_%26_Whitney_J57.
19. Startcev A., Romanov S., Vagina O. Increasing Engine Power by Applying Water Injection // Lecture Notes in Mechanical Engineering: Proceedings of the 4th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2018). Part F4. P. 2071–2078 (First Online: 07 December 2018).
20. Startcev A., Romanov S., Romanova G. Influence of Water Injection on Performance of Diesel Engine // Lecture Notes in Mechanical Engineering: Proceedings of the 4th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2018). Part F4. P. 2089–2095 (First Online: 07 December 2018).

21. Экономическая оценка эффективности использования водной и водоспиртовой инъекции в дизельных двигателях / А. В. Старцев, О. Н. Вагина, С. В. Романов, Д. В. Вагин // АПК России. 2015. Т. 74. С. 183–191.

Старцев Андрей Васильевич, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: sav.63.10.04@mail.ru.

Гузенко Андрей Сергеевич, доцент, заведующий кафедрой, Филиал ФГКВОУ ВО «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)» Министерства обороны РФ в г. Челябинске.

E-mail: sav.63.10.04@mail.ru.

Васильев Михаил Александрович, доцент, заместитель заведующего кафедрой, Филиал ФГКВОУ ВО «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)» Министерства обороны РФ в г. Челябинске.

E-mail: sav.63.10.04@mail.ru.

Ванин Владимир Николаевич, доцент, Филиал ФГКВОУ ВО «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)» Министерства обороны РФ в г. Челябинске.

E-mail: sav.63.10.04@mail.ru.

* * *

УДК 621.879.45

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ ПО ОЧИСТКЕ МЕЛКОВОДНЫХ ВОДОЕМОВ УНИВЕРСАЛЬНОЙ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ

С. А. Тарасьянц, Я. А. Царевский, В. Н. Ширяев,
Е. П. Пестрикова, Н. О. Ширяева

В работе предложена конструкция и описан технологический процесс эксплуатации универсальной малогабаритной гидравлической установки для очистки мелководных водоемов, аванкамер насосных станций. Предложен порядок расчета гидромеханического оборудования – струйного аппарата и центробежного землесоса при их последовательной эксплуатации. Описан технологический процесс производства работ при использовании установки с возможностью эксплуатации эжекторным способом забора и транспортировки пульпы.

Ключевые слова: землесосная установка, центробежный землесос, транспортируемая пульпа, эжектор, гидросмесь, глубина разработки грунта.

Как правило, землесосные установки могут оборудоваться двумя видами транспортирующих устройств [1]:

– центробежными землесосами, где в качестве основного рабочего органа используется центробежный насос, элементы которого эксплуатируются в тяжелых условиях при гидротранспорте как песчаной, так и гравийной пульпы. Подача и напоры центробежных землесосов ограничены возможностями одноколесного центробежного насоса (напор до 80 м, подача до 1500 м³/ч, глубина разработки до 6,0 м), при этом плотность перекачиваемой пульпы не более 1,1 т/м³;

– эжекторные землесосы, где в качестве основного рабочего органа используется струйный аппарат (эжектор) [1].

Транспортировка гидросмеси струйным аппаратом возможна при напоре до 20 м и плотности пульпы до 1,2÷1,25 т/м³ с одновременным увеличением глубины разработки до 30 м и более.

Имеются рекомендации [2] в случае необходимости увеличения глубины разработки и плотности гидросмеси по установке струйного аппарата в месте забора грунта последовательно с центробежным землесосом. В таком случае устраняются все недостатки как центробежного

землесоса, так и струйного аппарата, увеличиваются глубина разработки грунта, плотность перекачиваемой пульпы, дальность транспортировки. В настоящей работе разработана схема гидравлической малогабаритной землесосной установки с увеличенным количеством необходимых операций, позволяющих для любых условий проводить очистку небольших водоемов, аванкамер насосных станций, резервуаров чистой воды (рис. 1).

Методы исследований

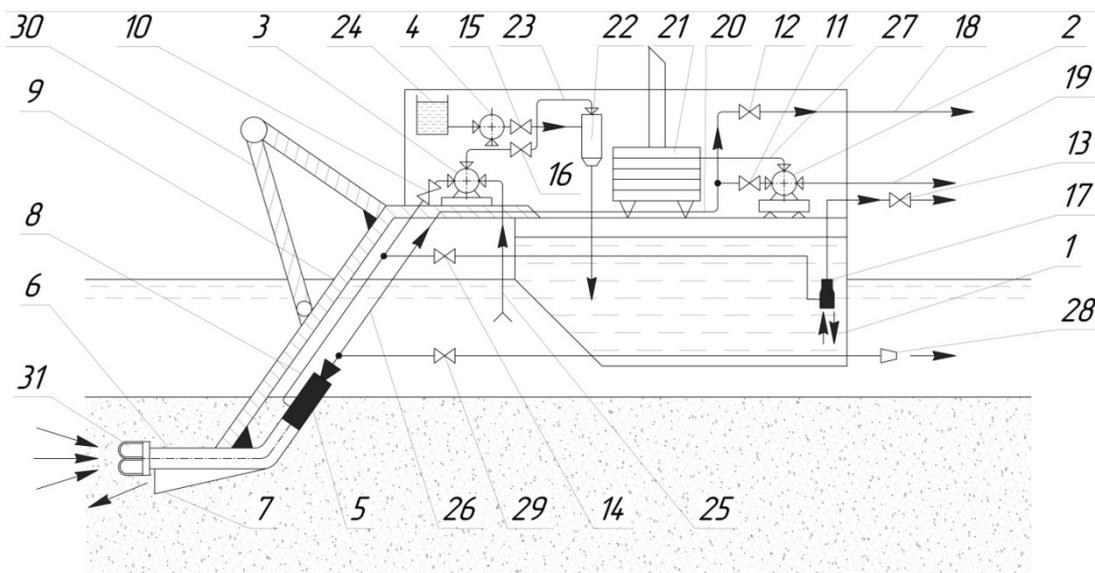
Гидравлическая установка со всасывающим струйным насосом, установленным последовательно с центробежным землесосом 2, и возможностью эксплуатации установки как последовательно, при необходимости увеличения дальности транспортировки с напором до 60 м, так и отдельно струйным насосом, с напором до 20 м, самоходная, оборудованная гидравлическим двигателем 28, погружная с возможностью погружения и всплытия с помощью

струйного насоса 17, кроме того, установка оборудована гидравлическим 7 и фрезерным 31 рыхлителями, гидромонитором, пульпометателем. Установка предназначена для различных эксплуатационных вариантов.

При очистке водоемов дальностью транспортировки более 300 м предлагаемая установка работает последовательно с забором пульпы струйным насосом и подачей ее по всасывающему трубопроводу в центробежный землесос, и далее на иловые площадки.

При данном эксплуатационном варианте запускается в работу водяной насос 3 установки, открывается задвижка 11, закрывается задвижка 12, и вода под напором по трубопроводу 8 подается в струйный насос в качестве необходимой энергии для его работы. Кроме того, одновременно пускается в работу гидравлический рыхлитель 31 (в случае, когда ил в водоеме не слежавшийся).

Расчет гидромеханизированного оборудования гидравлической установки для после-



- 1 – понтон; 2 – центробежный землесос; 3 – центробежный насос подачи рабочей воды в струйный аппарат; 4 – центробежный насос подачи воды в эжектор; 5 – струйный аппарат грунтозаборного устройства; 6 – грунтозаборное устройство; 7 – гидравлический рыхлитель; 8 – напорный трубопровод струйного аппарата грунтозаборного устройства; 9 – стрела грунтозаборного устройства; 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 – задвижки; 17 – струйный насос механизма погружения и всплытия установки; 18 – напорный трубопровод струйного аппарата; 19 – напорный трубопровод центробежного землесоса; 20 – всасывающий трубопровод центробежного землесоса; 21 – дизель-генератор; 22 – пусковой эжектор; 23 – всасывающий трубопровод пускового эжектора; 24 – резервуар; 25 – всасывающий трубопровод центробежного насоса; 26 – напорный трубопровод струйного аппарата грунтозаборного устройства; 27 – электрокабель; 28 – сопло двигателя; 29 – задвижка двигателя; 30 – стрела, 31 – фреза

Рис. 1. Схема плавучей универсальной гидравлической установки



довательной работы при увеличенном напоре и дальности транспортировки проводится в два этапа.

Первый этап предусматривает определение диаметра рабочего колеса центробежного землесоса и частоты вращения двигателя для конкретных эксплуатационных условий (заводы-изготовители данного этапа практически не предусматривают), и, как правило, напор центробежного землесоса превышает необходимый, что влечет за собой значительный перерасход электроэнергии.

Второй этап предусматривает расчет струйного насоса, предусмотренного для установки на всасывающем трубопроводе центробежного землесоса, с целью определения рабочих параметров по напору и расходу, удовлетворяющих параметры землесоса, и возможной эксплуатации землесосной установки без его включения.

Расчет по первому этапу проводится в следующей последовательности:

- по характеристике землесоса определяется подача по воде для необходимого напора;
- по подаче по воде и для плотности пульпы до $1,10 \div 1,12$, принимаемой для центробежных землесосов, определяется производительность по грунту;
- по полученным расходам землесоса вычисляются диаметры всасывающего и напорного трубопровода;

– для выбранных параметров по напору и подаче вычисляется диаметр рабочего колеса и частота вращения двигателя;

– для землесоса, с измененным диаметром колеса или частотой вращения, строится характеристика – потребляемая мощность от расхода, зависимость вакуумметрической высоты всасывания от расхода, а также строится кривая КПД от расхода;

– на характеристике землесоса рассчитывается и строится кривая потерь напора в напорном трубопроводе, определяются фактические параметры землесоса;

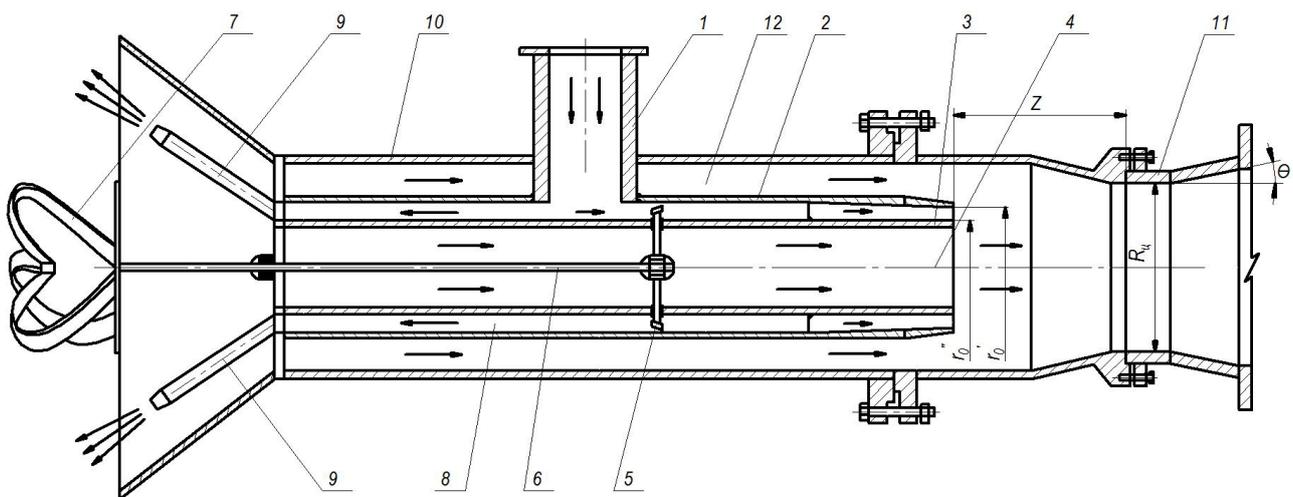
– по фактическим параметрам рассчитывается необходимая мощность двигателя и сравнивается с мощностью, определенной по кривой, после чего устанавливается необходимый диаметр рабочего колеса.

Используя характеристику землесоса, рассчитанного в первом этапе, проводится расчет струйного насоса для данной установки.

По третьему этапу подбирается конструкция струйного насоса (принимается кольцевой двухповерхностой струйный насос с повышенными энергетическими характеристиками (рис. 2)) [3].

Результаты исследований и их обсуждения

Расчет может проводиться как для самостоятельной работы с необходимым напором до 20 м и выключенным землесосом, так и для



- 1 – рабочий трубопровод; 2 – стакан; 3 – сопло; 4 – внутреннее вакуумное пространство; 5 – гидротурбина;
 6 – привод вала; 7 – фреза; 8 – кольцевая напорная щель; 9 – струйные насадки; 10 – корпус насоса;
 11 – напорный трубопровод; 12 – внешнее вакуумное пространство

Рис. 2. Струйный насос для рыхления, забора и транспортировки иловых отложений

последовательной работы (при необходимости увеличения глубины разработки) или увеличения плотности перекачиваемой пульпы по следующей последовательности:

– строится напорная характеристика струйного насоса:

$$\bar{H}_\Gamma = f(\alpha_0),$$

где \bar{N}_Γ – относительный напор струйного насоса:

$$\bar{H}_\Gamma = \frac{H_{\Gamma\text{нр}}}{V_0^2/2g},$$

где V_0 – скорость потока в сопле струйного насоса;

$H_{\Gamma\text{нр}}$ – необходимый напор в напорном трубопроводе (принимается для двух режимов) при самостоятельной работе струйного насоса рекомендуется принять не более 20 м, при работе во всасывающем трубопроводе центробежного землесоса, для увеличения глубины разработки,

принимается по расчетным данным в зависимости от условий эксплуатации;

– принимается относительный напор центробежного насоса:

$$\bar{H}_\text{н} = \frac{H_{\text{нпр}}}{V_0^2/2g} \approx 1 + \zeta_0 \approx 1,1,$$

где $H_{\text{нпр}}$ – напор центробежного насоса, приведенный к уровню в водоеме;

– по характеристике $\bar{H}_\Gamma = f(\alpha_0)$ принимают напор струйного насоса, в зависимости от эксплуатационного режима: 1 – на всасывающем трубопроводе центробежного насоса; 2 – эксплуатация снаряда одним струйным насосом;

– по напору $H_{\text{нпр}}$ и подаче, определенной по скорости в сопле – V_0 , подбирают центробежный насос-нагнетатель для чистой воды из очищаемого водоема в струйный насос, напор насоса-нагнетателя подбирают для эксплуатации установки как с землесосом, так и без него;

Таблица 1 – Геометрические размеры струйного насоса

№ п/п	Наименование параметров	Расчетные формулы	Единицы измерения
1	Площадь кольца насадка	$\omega_0 = \frac{Q_0}{V_0}$	м ²
2	Радиус камеры смещения	$R = \sqrt{\frac{m \cdot \omega_0}{\pi}}$	мм
3	Внешний радиус насадка	$r'_0 = \bar{r}'_0 \cdot R_{\text{ц}}$	мм
4	Внутренний радиус насадка	$r_0^{\text{н}} = \left(\sqrt{r_0'^2 - \frac{1}{m}} \right) \cdot R_{\text{ц}}$	мм
5	Расстояние между торцом насадки и началом камеры смещения	$Z_{\text{птм}} = \bar{Z}_{\text{opt min}} \cdot R_{\text{ц}}$	мм
6	Диаметр выходного отверстия диффузора, $D_{\text{вых}}$	назначается по диаметру напорного трубопровода $D_{\text{вых}}$ и угла конусности $\theta = 8 \div 10\%$	мм
7	Длина диффузора	$L_y = \frac{D_{\text{вых}} - 2R_{\text{ц}}}{2 \text{tg } \theta/2}$	мм
8	Длина камеры смещения	$L_{\text{ц min}} = 3,2R_{\text{ц}}$ $L_{\text{ц max}} = 4,5R_{\text{ц}}$	мм



– скорость истечения из сопла V_0 определяется по зависимости [4]:

$$V_0 = \sqrt{\frac{2gH_{\text{нап}}}{H_H}}$$

– геометрические размеры струйного насоса приведены в нижеприведенной таблице 1.

В приведенной таблице:

Q_0 – рабочий расход насоса нагнетателя;

V_0 – скорость потока в насадке;

m – геометрическая характеристика струйного насоса – отношение площади поперечного сечения камеры смешения к площади поперечного сечения насадка;

r'_0 – относительная величина внешнего радиуса насадка – отношение внешнего радиуса насадка к радиусу камеры смешения;

$\bar{Z}_{\text{opt min}}$ – относительное оптимально минимальное расстояние от обреза насадка до цилиндрической камеры смешения – отношение фактической величины Z к радиусу камеры смешения.

Указанный порядок расчета оборудования позволит проводить расчеты всей установки.

Расчет гидромеханического оборудования установки при низком напоре проводится без использования центробежного землесоса.

Технологический процесс эксплуатации установки проводится в следующей последовательности:

1. Включается центробежный насос 4 для пуска в работу пускового эжектора 22 при открытой задвижке 15 для заполнения центробежного насоса 3 (см. рис. 1).

2. Пускается в работу центробежный насос 3 при открытой задвижке 10 и одновременно пускается в работу струйный аппарат 5 и гидрорыхлитель 31.

3. Закрывается задвижка 11 на всасывающем трубопроводе центробежного землесоса 2, открывается задвижка 12 напорного трубопровода 20 струйного аппарата 5.

При необходимости продвижения установки по водоему открывается задвижка 28 и установка по мере необходимости движется по водоему. Как указывалось выше, установка оборудована устройством для погружения и всплытия грунтозаборного устройства, что исключает необходимость оборудования установки стрелоподъемным механизмом, для чего в трюме

понтон установлен струйный аппарат кольцевой двухповерхностный с повышенными энергетическими характеристиками [5].

При необходимости погружения понтона задвижка 13 закрывается, и вода по трубопроводу при открытой задвижке 14 через струйный аппарат подается в трюм понтона 1. В случае необходимости всплытия установки открывается задвижка 13, и вода тем же струйным аппаратом откачивается из трюма, способствуя тем самым всплытию установки. Таким образом, механизм погружения и всплытия землесосной установки управляется задвижкой 3.

При очистке водоема с рыхлым грунтом или очистке стенок резервуара чистой воды на установке предусмотрен гидравлический рыхлитель, который монтируется независимо от способа рыхления (фреза или гидрорыхлитель). В случае отсутствия фрезы работает только гидрорыхлитель. При разработке уплотненных иловых отложений монтируется фреза с водяным приводом от турбины 7 струйного аппарата.

При использовании пульпометателя задвижка 5 на напорном трубопроводе закрывается, и сопло пульпометателя 4, поворачиваясь по радиусу с отрегулированным углом поворота (по принципу дождевальная машина ДДН-70) транспортирует пульпу в места складирования на иловые площадки.

Выводы

Разработанный технологический процесс эксплуатации малогабаритной землесосной установки позволяет обслуживающему персоналу квалифицированно, не имея специальных навыков, проводить очистку водоемов при всех возможных эксплуатационных вариантах.

Предлагаемый технологический процесс позволяет изменять и контролировать величины подач центробежного водяного насоса и землесоса с помощью пружинных манометров и электронных расходомеров. Кроме того, предлагаемая технология позволяет проводить все работы по очистке, контролируя величину потребляемой электроэнергии.

Список литературы

1. Рабочие параметры грунтозаборных устройств плавучих землесосных снарядов и их конструктивные особенности / Н. И. Леванов, И. М. Ялтанец, И. Т. Мельников, В. М. Дятлов ;

под ред. И. М. Ялтанца. М. : Изд-во Московского горного университета, 2014. 235 с. : ил.

2. Уржумов Д. В. Совершенствование способов очистки мелиоративных водоемов эжекторно-землесосными снарядами : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Волгоград, 2007. 23 с.

3. Пат. №181423 РФ, МПК F 04 F 5/10. Струйный насос для рыхления, забора и транспортировки уплотненных иловых отложений / П. В. Пашков, В. Н. Ширяев, Д. С. Ефимов,

С. А. Тарасьянц ; заявитель и патентообладатель НИМИ Донской ГАУ. № 2018107113 ; заявл. 26.02.2018 ; опубл. 13.07.2018, Бюл. № 20.

4. Идельчик, И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М. : Госэнергоиздат, 1960. 43 с.

5. А. с. 1620693 СССР. Струйный насос МПК F04F 5/10 / С. А. Тарасьянц, А. Г. Чаркин ; заявл. 12.01.1989 ; опубл. 15.01.91, Бюл. № 2.

Тарасьянц Сергей Андреевич, д-р техн. наук, профессор, кафедры водоснабжения и использования водных ресурсов, Ростовская область, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет».

E-mail: starasyancz@mail.ru.

Царевский Ярослав Анверович, генеральный директор, АО «Анапа Водоканал».

E-mail: parshukov.74@mail.ru.

Ширяев Вадим Николаевич, начальник лаборатории НИИ Мелиоративных технологий, кафедры гидротехнического строительства, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет».

E-mail: vadik334@mail.ru.

Пестрикова Екатерина Павловна, аспирант, кафедра водоснабжения и использования водных ресурсов, Ростовская область, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет».

E-mail: pestrikova1997@inbox.ru.

Ширяева Наталья Олеговна, аспирант, кафедра мелиорации земель, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет».

E-mail: n.shiryaeva61@yandex.ru.

* * *

УДК 621.928:620.179.14

КВИНТЭССЕНЦИЯ РАБОТЫ КОНЦЕНТРАТОРА МАГНИТНОГО ПОЛЯ В УСТАНОВКЕ УМС-4М

В. И. Чарыков, А. А. Евдокимов, В. А. Новикова, Л. А. Саплин

Возрастающие требования к точности изготовления и ремонта деталей выдвигают важнейшую проблему рациональной эксплуатации технологических жидкостей. В статье изложены результаты исследования работы концентратора магнитного поля электромагнитного сепаратора для очистки смазочно-охлаждающих жидкостей, используемых в токарно-фрезерных станках. Показано, что в концентраторах осаждение ферромагнитных примесей происходит в углах ячейки. Получены графики усилий, действующих на ферромагнитную частицу при ее движении по трем возможным траекториям в ячейке концентратора.

Ключевые слова: электромагнитная установка; сепаратор; магнитная индукция; концентратор; рабочая зона; ячейка, усилие.

В составе современных технологических установок широкое применение находят электромеханические устройства, предназначенные для магнитной сепарации. Методы магнитной сепарации используются в агропромышленном комплексе для очистки сыпучих материалов и жидких материалов от металлических примесей [1, 2].

Основным направлением совершенствования магнитной очистки является создание неоднородного магнитного поля в рабочей зоне установки, увеличение усилия, действующего на металлическую частицу, находящуюся в ячейках концентратора. Одним из путей достижения указанных качеств является исполь-

зование в качестве концентраторов магнитного поля металлической сетки с определенным размером ячейки [3, 4].

Целью работы является исследование факторов, определяющих величину усилия, действующего на частицу, находящуюся в ячейках сетки в рабочей зоне электромагнитной установки.

Материалы и методы

С целью изучения процесса очистки технологической жидкости от ферромагнитных включений электромагнитным способом в лаборатории кафедры «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства» Курганской ГСХА

имени Т.С. Мальцева была разработана и изготовлена экспериментальная установка электромагнитного сепаратора под условным названием УМС-4М с концентраторами магнитного поля (рис. 1). Для решения поставленных задач применялись методы математического моделирования на ПК с использованием *ANSOFT Maxwell* для расчета магнитной системы сепаратора [5].

Результаты исследования

Расчет усилия производится для ферромагнитной (стальной) частицы объемом $0,5 \cdot 0,5 \cdot 1 =$

$= 0,25 \text{ мм}^3$ на траекториях 1, 2 и 3 (рис. 2), расположенных на расстоянии 0,5 мм друг от друга в пределах одной ячейки сетки (между 4 и 5 слоями, над центральным зубцом полюсного наконечника с катушкой).

Усилия, действующие на ферромагнитную частицу на траектории 1, показаны на рисунке 3. Анализируя полученные кривые, видим, что на левой стороне отрезка усилие направлено сверху вниз – к левому нижнему узлу, на правой стороне – слева направо и сверху вниз – к правому нижнему узлу [6].

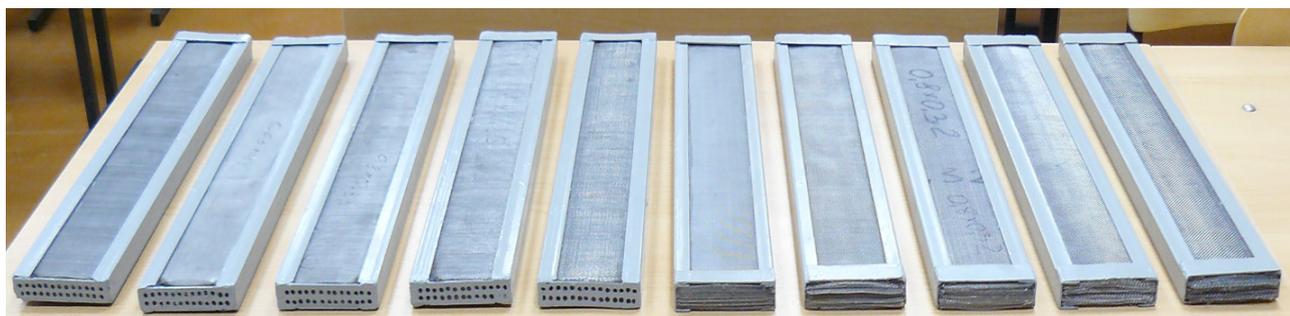


Рис. 1. Общий вид концентраторов магнитного поля

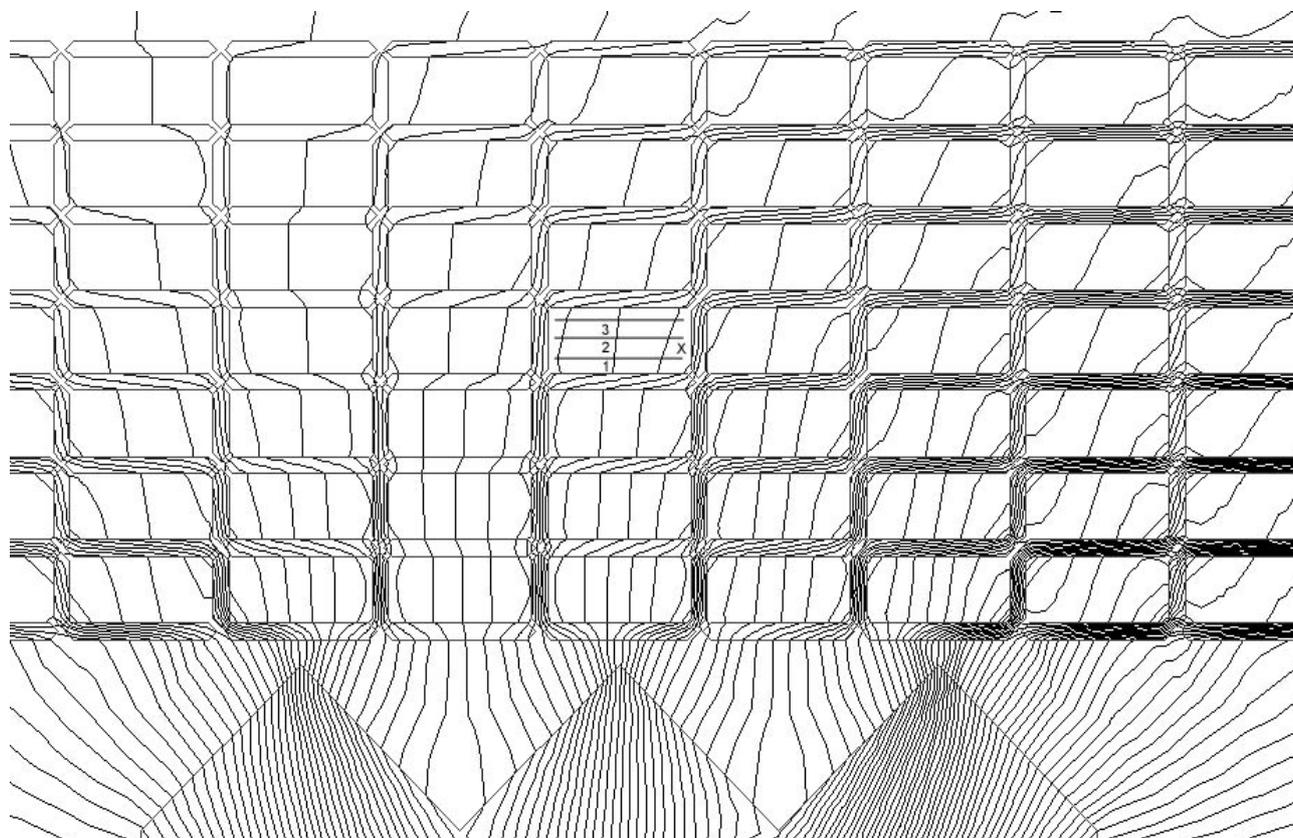


Рис. 2. Траектории для расчета усилия, действующего на частицу (ось X – слева направо, ось Y – снизу вверх)

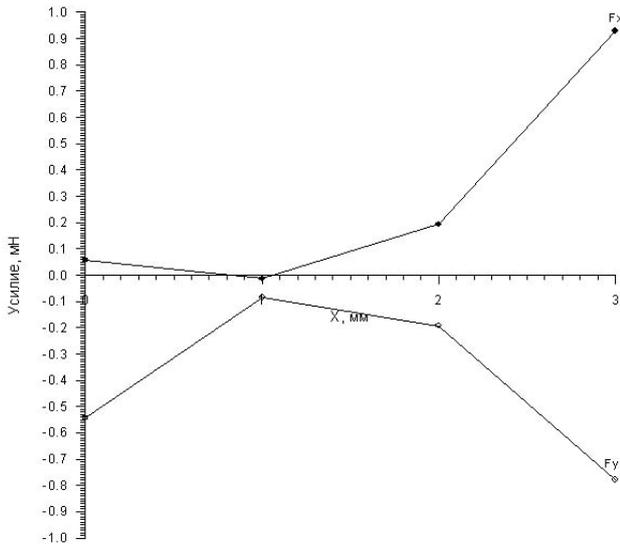


Рис. 3. Усилия, действующие на частицу на траектории 1

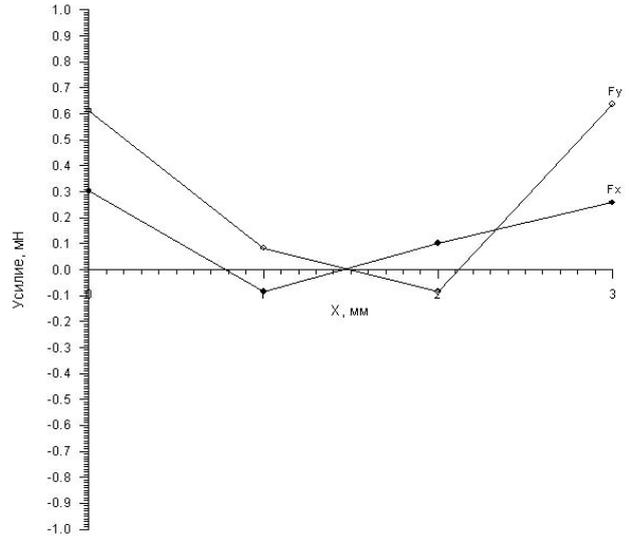


Рис. 4. Усилия, действующие на частицу на траектории 2

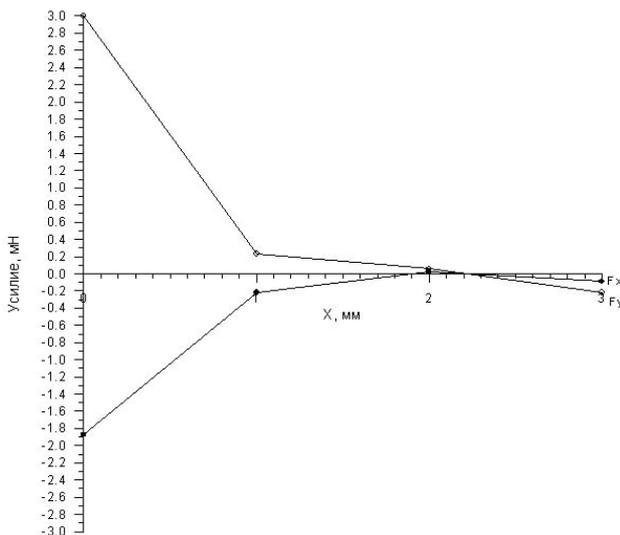


Рис. 5. Усилия, действующие на частицу на траектории 3

Усилия, действующие на частицу на траектории 2, показаны на рисунке 4. На левой стороне отрезка усилие направлено слева направо и снизу вверх, на правой стороне – слева направо и снизу вверх – к правому верхнему углу.

Усилия, действующие на ферромагнитную частицу на траектории 3, показаны на рисунке 5. На левой стороне отрезка усилие направлено справа налево и снизу вверх – к левому верхнему углу, на правой стороне – справа налево и сверху вниз [7, 8].

Обсуждения

Анализ полученных графиков показывает, что ферромагнитная частица притягивается к углам ячейки и остается в них до технологического перерыва, связанного с очисткой концентратора или его замены. Время очистки рабочей зоны сепаратора определяется в зависимости от степени загрязненности смазочно-охлаждающей жидкости.

Список литературы

1. Сумцов В. Ф. Электромагнитные железотделители. М. : Машиностроение, 1981. 212 с.
2. Зуев В. С., Чарыков В. И. Электромагнитные сепараторы: теория, конструкция. Курган : Зауралье, 2002. 178 с.
3. Буторин В. А., Чарыков В. А. Евдокимов А. А. Электромагнитный сепаратор УМС-4М: от математической модели до конструкции // АПК России. ЮУрГАУ. 2017. Т. 24. № 1. С. 43–49.
4. Евдокимов А. А., Чарыков В. И. Очистка смазочно-охлаждающих жидкостей на машинно-технологических станциях электромагнитным сепаратором // Материалы ЛП Международ. науч.-техн. конф. «Достижение науки – агропромышленному производству». Челябинск : ЧГАА, 2013. С. 253–256.
5. Чарыков В. И., Евдокимов А. А., Соколов С. А. Теоретический анализ работы электромагнитного сепаратора УМС-4М // Вестник Ульяновской ГСХА. 2014. № 1 (25). С. 146–152.

6. Чарыков В. И., Евдокимов А. А. Комплекс электромагнитной деферризации жидких продуктов // Материалы Всероссийской (национальной) науч.-практ. конф. «Приоритетные направления развития энергетики в АПК». Курган : КГСХА, 2018. С. 247–250.

7. Чарыков В. И., Евдокимов А. А., Митюнин А. А. Теоретическое обоснование процесса

выделения ферромагнитных материалов из сыпучей сельскохозяйственной смеси // Вестник Курганской ГСХА. 2013. № 3 (3). С. 67–69.

8. Евдокимов А. А., Чарыков В. И. Исследование распределения индукции магнитного поля в межполюсном пространстве сепаратора УМС-4М // Аграрный вестник Урала. 2015. № 4 (134). С. 53–57.

Чарыков Виктор Иванович, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры электрификации и автоматизации сельского хозяйства, Курганская ГСХА им. Т.С. Мальцева.

E-mail: viktor52-chimesh@yandex.ru.

Евдокимов Александр Андреевич, канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры электроснабжения, Сургутский государственный университет.

E-mail: viktor52-chimesh@yandex.ru.

Новикова Валентина Александровна, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства», Курганская ГСХА им. Т.С. Мальцева.

E-mail: viktor52-chimesh@yandex.ru.

Саплин Леонид Алексеевич, д-р техн. наук, профессор, ООО «Челябинский компрессорный завод».

E-mail: Lsaplin49@mail.ru.

* * *

УДК 636.087.8:636.59

**ПРОБИОТИКИ НА ОСНОВЕ ШТАММОВ РОДА *BACILLUS*
В КОРМЛЕНИИ ПЕРЕПЕЛОВ****О. Г. Мерзлякова, Г. В. Калмыкова, Н. И. Акулова,
В. А. Рогачев, В. Г. Чегодаев, В. Г. Шелепов**

Изучены биологические свойства пробиотических штаммов *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis*, оценена эффективность использования этих пробиотиков и их консорциума в рационе перепелов в период выращивания и продуктивного использования птицы. Опыт продолжительностью 242 дня проведен на перепелах японской породы, сформированных в суточном возрасте в четыре аналогичных группы по 80 голов в каждой и содержащихся в клеточной батарее при требуемых условиях микроклимата. Птица всех групп получала корма основного рациона, перепелам 1, 2 и 3-й опытных групп, в отличие от контрольных аналогов, дополнительно скармливали пробиотики соответственно на основе штаммов *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis* и их консорциума в количестве 150 г/т комбикорма. Установлено, что селективно отобранные пробиотические штаммы *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis* проявляли широкий спектр антибактериальной активности в отношении грамположительных и грамотрицательных патогенов и были чувствительны к большинству исследованных антибиотиков. Использование в рационах перепелов консорциума штаммов *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis* оказалось наиболее эффективным: оно обеспечило (по отношению к контролю) повышение сохранности цыплят на 4,0%, среднесуточного прироста живой массы птицы на 2,57%, снижение расхода корма на единицу продукции на 6,48%. Яйценоскость несушек увеличилась на 7,81%, выход яйцемассы на 9,77%, выход инкубационного яйца на 7,03%, выводимость цыплят от заложенных на 8,33%. При этом расход кормов на получение 10 яиц снизился на 13,35%, отходы инкубации на 21,74%. Экономический эффект составил в 3-й опытной группе 4,79% (мясо перепелов) и 14,56% (яйцо несушек).

Ключевые слова: пробиотики, штаммы, *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, перепела, среднесуточный прирост, яйценоскость.

Современные технологии выращивания сельскохозяйственных животных предполагают широкое применение пробиотиков как альтернативу антибиотикам, проявляющим активность при бактериальных и некоторых грибковых заболеваниях [1]. Пробиотики являются непатогенными бактериальными культурами, оптимизирующими микрофлору кишечника организма хозяина, улучшающими состояние его желудочно-кишечного тракта и, как следствие, повышающие интенсивность роста животного [2, 3]. Использование пробиотических кормовых добавок повышает также конверсию корма и устойчивость организма к бактериальным инфекциям [1, 4, 5, 6].

Спорообразующие бактерии рода *Bacillus* идеально подходят для кормления животных, поскольку в отличие от других бактериальных культур они не разрушаются под воздействием желчных кислот, выдерживают высокие температуры при обработке корма, имеют длительные сроки хранения. В настоящее время штаммы видов *Bacillus subtilis*, *Bacillus Licheniformis*, *Bacillus amyloliquefaciens* предложено применять в качестве основы кормовых пробиотиков для животных [1, 6]. Установлено, что пробиотические препараты, имеющие в составе штаммы двух видов, более эффективны по сравнению с пробиотиками, приготовленными на основе одного штамма [6]. Культуральные

свойства штаммов имеют решающее значение для использования их в качестве пробиотических культур, поскольку способны оказывать различное влияние на организм хозяина. Основным механизмом действия таких штаммов является их способность ингибировать рост патогенных и условно-патогенных бактерий, участвовать в метаболизме глюкозы, холестерина, билирубина, холина, желчи и жирных кислот благодаря синтезу ряда пищеварительных ферментов (амилаза, липаза, протеаза, пектиназа и эндоглюканаза). Таким образом, каждый штамм, имеющий определенный фенотип, может демонстрировать множественные механизмы действия.

Согласно рекомендациям ВОЗ [7] и Европейского управления по продовольственной безопасности (EFSA) [8, 9], пробиотические штаммы должны соответствовать критериям отбора на устойчивость к антибиотикам. Установлено, что бактерии, обладающие такой устойчивостью, могут передаваться через пищевую цепь от животных к человеку [10], поэтому использование подобных штаммов для производства кормовых пробиотиков должно тщательно контролироваться.

Мировой спрос на качественное куриное мясо постоянно и существенно возрастает [1]. Повсеместно выращивают и потребляют цыплят-бройлеров, дающих высококачественное мясо и яйцо. С цыплятами филогенетически тесно связан японский перепел, который, как и бройлеры, принадлежит к порядку курообразных семейства *Phasianidae*. Недавние цитогенетические исследования подтвердили высокую консервативную гомологию хромосом между японскими перепелами и цыплятами-бройлерами [11]. Таким образом, японские перепела рекомендованы в качестве модельного вида домашней птицы [12], и можно предположить, что методы их кормления будут иметь аналогичные последствия и для других видов птицы, например, цыплят-бройлеров.

Цель исследований – изучить биологические свойства (способность продуцировать пищеварительные ферменты, ингибировать рост патогенных и условно патогенных микроорганизмов, устойчивость к антибиотикам) пробиотических штаммов *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis*. Оценить влияние этих штаммов на микрофлору кишечника перепелов, сохранность поголовья и интенсивность роста птицы, показатели мяс-

ной и яичной продуктивности, эффективность использования кормов.

Условия, материалы и методы

Штаммы, используемые в работе, были получены методом селекции на основе естественного моноспорового рассева пробиотических штаммов *Bacillus subtilis* ВКПМ 2335 и *Bacillus licheniformis* ВКПМ 2336. Ферментативную активность штаммов определяли точечным посевом на среды, содержащие различный субстрат: молоко (для определения протеолитической активности), крахмал (для определения амилазной активности), твин 80 (для определения липазной активности) [13].

Антагонистическую активность изучали методом отсроченного антагонизма с опережающим посевом пробиотических штаммов на среду Гаузе. Посев индикаторных культур производили петлей перпендикулярно росту пробиотического штамма. Результаты учитывали через 24 ч инкубирования при температуре 37 °С по величине зоны отсутствия роста индикаторной культуры.

Определение устойчивости к антибиотикам разных групп проводили на картофельном агаре методом диско-диффузии, используя стандартизированные диски с антибиотиками. Степень чувствительности бактерий к антибиотикам определяли по размеру зоны подавления роста: менее 10 мм оценивали как устойчивый (R); 10–20 мм как среднеустойчивый (M); и более 20 мм как чувствительный (S) [14].

Для приготовления кормовой добавки штаммы культивировали отдельно на глюкозо-крахмальной среде. После культивирования в течение 30–35 часов, когда титр спор достигал 10^9 спор/мл, культуральную жидкость центрифугировали, осадок высушивали при температуре 50 °С и смешивали с глюкозой до $1,0 \times 10^9$ спор/г.

Опыт продолжительностью 242 дня проведен на физиологическом дворе Сибирского научно-исследовательского и проектно-технологического института животноводства (СибНИПТИЖ СФНЦА РАН) по общепринятой методике [15] на перепелах японской породы, сформированных в суточном возрасте в четыре аналогичные группы по 80 голов в каждой. Условия содержания перепелов и микроклимат в клеточной батарее соответствовали зоотехническим требованиям. Всем подопытным пере-



пелам скармливали одинаковый комбикорм (основной рацион). Межгрупповые различия заключались в следующем: перепела контрольной группы потребляли только основной рацион, птица 1, 2 и 3-й опытных групп дополнительно к основному рациону получала пробиотики соответственно на основе штаммов *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis* и их консорциума в количестве 150 г/т комбикорма.

Комбикорм для перепелов был приготовлен в соответствии с основными требованиями для данного вида птицы: сбалансированность, высокая калорийность и необходимая степень измельчения. В состав комбикорма входили следующие компоненты: пшеница фуражная, соя экструдированная, жмых подсолнечный, мука мясорастительная, мука рыбная, дрожжи кормовые, жир технический, премикс, мел кормовой, трикальцийфосфат. Процентное содержание ингредиентов комбикорма и его питательность были различными в зависимости от возраста птицы (0–30 дней, 31–60 дней и старше). В среднем в 100 г комбикорма содержалось 1,25 МДж обменной энергии, 24,8 г сырого протеина, 3,8 г сырой клетчатки.

Рационы составляли в соответствии с нормами Всероссийского научно-исследовательского технологического института птицеводства РАН [16]. Учет поедаемости кормов осуществляли ежедневно путем взвешивания заданных кормов и их остатков. Ежедневно осуществляли наблюдение за поведением и состоянием здоровья перепелов.

Контрольные взвешивания птицы проводили при постановке на опыт, в возрасте 30 дней и в 2-месячном возрасте. В 60-дневном возрасте был произведен убой перепелов (по 3 головы из каждой группы). Химический состав корма,

мяса и яиц перепелов исследовали в биохимической лаборатории СибНИПТИЖ СФНЦА РАН по общепринятым методикам зоотехнического анализа. Биохимический состав крови птицы определяли в лаборатории биотехнологий Института экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока СФНЦА РАН.

Исследование микробиоты кишечника перепелов проводили в конце эксперимента в контрольной и 3-й опытной группе. Кишечник удаляли при асептических условиях, содержимое переносили в стерильные пробирки с физиологическим раствором, гомогенизировали и рассеивали на питательной среде для определения общего количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ). Для определения общего количества бактерий рода *Bacillus* гомогенизированные образцы прогревали при 80 °С в течение 15 минут и высевали на картофельный агар.

Полученный в опыте цифровой материал обработан методом вариационной статистики на персональном компьютере с помощью программного обеспечения «Microsoft Excel».

Результаты и обсуждение

Штаммы *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis* продуцировали протеазу и амилазу, причем активность этих ферментов была значительно выше у *Bacillus subtilis*, и только этот штамм обладал липазной активностью.

Анализ антагонистической активности изучаемых пробиотических штаммов в отношении патогенных бактерий показал, что *Bacillus subtilis* значительно ингибировал их рост, а *Bacillus licheniformis* проявлял бактерицидное действие различной степени в зависимости от вида тест-объекта (рис. 1).

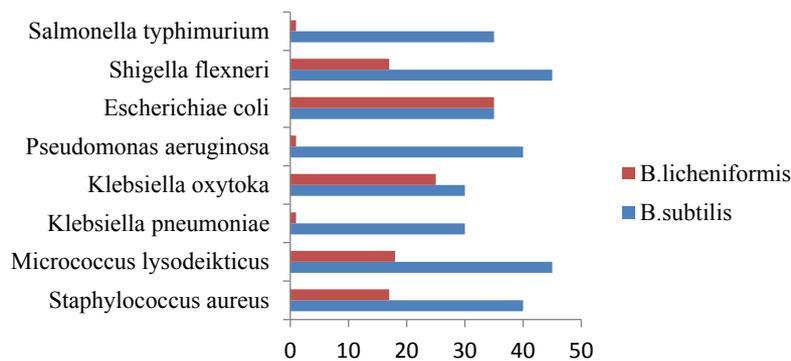


Рис. 1. Антагонистическая активность (в мм) пробиотических штаммов *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis* в отношении патогенов

Руководствуясь международными и национальными стандартами, которые ограничивают использование в пищевой цепочке резистентных к антибиотикам микроорганизмов, была проведена оценка чувствительности пробиотических штаммов *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis* к антибиотикам различных групп (табл. 1).

В соответствии с современными требованиями штаммы, предназначенные для использования в составе пробиотиков, должны обладать чувствительностью по крайней мере к двум антибиотикам. Проведенные исследования по-

казали, что оба штамма были чувствительны к большинству исследованных антибиотиков.

В исследованиях, проведенных на перепелах, установлено, что сохранность поголовья цыплят 3-й опытной группы, получавших комбикорм с консорциумом пробиотиков, была выше по сравнению с контролем на 4% (табл. 2). Перепела 2 и 3-й опытных групп обладали более высокой энергией роста и лучшей конверсией корма в мясную продукцию, они превосходили контрольных аналогов (в возрасте 60 дней) по абсолютному приросту живой массы на 0,93 и 2,67% соответственно, по

Таблица 1 – Чувствительность пробиотических штаммов *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis* к антибиотикам

Механизм действия антибиотика	Антибиотик	Степень чувствительности к антибиотикам	
		<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Bacillus licheniformis</i>
Ингибирование синтеза клеточной стенки	Бензилпенициллин	R	R
	Оксациллин	M	S
	Ванкомицин	M	M
Ингибирование синтеза белка	Канамицин	S	S
	Стрептомицин	S	S
	Тетрациклин	M	M
	Гентамицин	S	M
	Эритромицин	S	S
Ингибирование синтеза нуклеиновых кислот	Левомецитин	M	R
	Рифампицин	R	M

Примечание: R – устойчивый; M – среднеустойчивый; S – чувствительный.

Таблица 2 – Сохранность, прирост живой массы и оплата корма продукцией у перепелов за период выращивания

Показатель	Группа			
	контрольная	опытная		
		1-я	2-я	3-я
Сохранность, %	90	89	90	94
Живая масса, г:				
на начало опыта	8,49±0,08	8,55±0,08	8,63±0,08	8,44±0,07
в 30 дней	94,90±3,02	93,62±2,42	97,76±2,21	98,46±2,58
в 60 дней	171,50±2,39	170,27±1,95	173,15±1,83	175,51±2,13
Абсолютный прирост живой массы, г:				
за 30 дней	86,41±2,75	85,07±2,19	89,13±2,01	90,01±2,56
за 60 дней	163,01±3,35	161,72±1,85	164,52±1,74	167,36±2,03
Среднесуточный прирост живой массы, г:				
за 30 дней	2,88±0,09	2,84±0,07	2,97±0,07	3,00±0,08
за 60 дней	2,72±0,06	2,70±0,03	2,74±0,03	2,79±0,03
Потреблено кормов, кг	1,157	1,150	1,130	1,111
Затраты корма на 1 г прироста, г	7,10	7,11	6,87	6,64



среднесуточному приросту на 0,74 и 2,57% при пониженном на 3,24 и 6,48% расходе кормов на единицу продукции. Наиболее высокие показатели продуктивности и эффективности использования кормов получены в 3-й опытной группе.

Результаты контрольного убоя птицы показали, что масса потрошенной тушки перепелов 1, 2 и 3 опытных групп была больше, чем в контрольной группе соответственно на 0,52; 2,84 и 3,61%, убойный выход выше на 1,01; 0,95 и 0,77% (табл. 3).

В мясе (фарше) птицы опытных групп содержалось больше сухого вещества на 1,90–2,96%, белка (3-я группа) на 1,06%, кальция в 1,02–1,05 раза, фосфора в 1,08–1,10 раза, натрия (1-я и 3-я группы) в 1,10 и 1,19 раза, марганца в 1,06–1,6 раза. Концентрация жира в мясе перепелов 2-й и 3-й опытных групп была меньше по сравнению с контролем на 0,79 и 1,38%, а в 1-й группе больше на 2,72%. Мясо птицы 2-й и 3-й опытных групп имело лучшую сбалансированность по аминокислотам, о чем свидетельствует более высокий аминокислотный индекс. Лучшей биологической ценностью (БКП = 4,00) отличалось мясо перепелов

3-й опытной группы, в остальных опытных группах этот показатель равнялся 3,78, что в 1,05 раза выше, чем в контроле.

В исследованиях установлено, что скормливание несушкам перепелов пробиотика (150 г/т комбикорма) на основе штамма *Bacillus subtilis* в качестве нового кормового средства из экологически чистого сырья не оказало заметного влияния на яйценоскость птицы. Использование пробиотиков на основе штаммов *Bacillus licheniformis* и консорциума *Bacillus subtilis* + *Bacillus licheniformis* стимулировало рост яичной продуктивности несушек. Яйценоскость птицы во 2-й и 3-й опытных группах возросла по сравнению с контролем на 4,92 и 7,81%, интенсивность яйцекладки на 3,1 и 5,0%, масса яйца на 1,88 и 1,79%, выход яйцемассы на 6,90 и 9,77% при снижении затрат кормов на получение 10 яиц на 0,90 и 13,35% (табл. 4). Наиболее высокие показатели продуктивности и эффективности использования кормов получены в 3-й опытной группе.

Отмечена тенденция повышения аминокислотного индекса в белке яиц при включении в рацион несушек пробиотических добавок. Толщина скорлупы яиц во всех группах

Таблица 3 – Результаты убоя подопытной птицы

Показатель	Группа			
	контрольная	опытная		
		1-я	2-я	3-я
Предубойная живая масса одной головы, г	168,33±0,88	167,00±2,00	171,00±1,53	172,67±0,58
Масса полупотрошенной тушки, г	132,00±1,00	133,00±2,08	136,00±3,21	137,33±2,60
В % к предубойной живой массе	78,42±0,78	79,64±0,42	79,53±1,29	79,53±1,24
Масса потрошенной тушки, г	129,33±0,88	130,00±2,08	133,00±3,21	134,00±2,31
Убойный выход, %	76,83±0,61	77,84±0,43	77,78±1,30	77,60±1,08

Таблица 4 – Показатели яичной продуктивности несушек перепелов

Показатель	Группа			
	контрольная	опытная		
		1-я	2-я	3-я
Яйценоскость (получено яиц на несушку за 182 дня), шт.	116,41	116,52	122,14	125,50
Интенсивность яйцекладки, %	64,0	64,0	67,1	69,0
Средняя масса одного яйца, г	11,70±0,21	11,69±0,17	11,92±0,27	11,91±0,13
Получено яичной массы, кг	1,362	1,362	1,456	1,495
Затраты корма, кг:				
всего	5,151	5,433	5,353	4,810
на 1 кг яйцемассы	3,78	3,99	3,68	3,22
на 10 яиц	0,442	0,466	0,438	0,383

была одинаковой (0,195 мм). В скорлупе яиц, полученных от птицы 3-й опытной группы, содержание сухого вещества возросло на 2,97%, концентрация кальция и цинка увеличилась на 29,3% и 33,3%.

В эксперименте установлено, что скармливание пробиотиков на основе штаммов *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis* и их консорциума улучшило инкубационные качества перепелиных яиц (табл. 5).

Выход инкубационного яйца в опытных группах возрос по сравнению с контролем на 0,52–7,03%, отходы инкубации уменьшились на 8,70–21,74%, вывелось цыплят от заложенных и оплодотворенных яиц больше соответственно на 3,33–8,33% и 4,0–8,35%. Живая масса цыпленка в опытных группах увеличилась относительно на 1,74–3,36%.

Экономический эффект, рассчитанный на основе данных о стоимости комбикорма, пробиотиков и стоимости реализации продукции составил в 3-й опытной группе 4,79% (мясо перепелов) и 14,56% (яйцо несушек) по отношению к контрольной группе.

Причина, по которой добавление в рацион пробиотических штаммов улучшает конверсию корма и продуктивные показатели перепелов, состоит в том, что эти штаммы могут регулировать состав кишечной микрофлоры и в дальнейшем улучшать баланс микроэкосистемы хо-

зяина. Микробиота кишечника перепелов 3-й группы, потреблявших консорциум штаммов *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis*, имела наилучшие показатели (5-кратное увеличение количества аэробных бактерий по сравнению с контролем) (табл. 6). При этом количество спорообразующих бактерий осталось почти неизменным.

Выводы

1. Селективно отобранные пробиотические штаммы *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis* проявляли широкий спектр антибактериальной активности в отношении грамположительных и грамотрицательных патогенов. Эти штаммы были чувствительны к большинству исследованных антибиотиков, что соответствовало требованиям к пробиотическим штаммам согласно международным и национальным стандартам.

2. Использование в рационах перепелов консорциума штаммов *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis* (150 г/т комбикорма) оказало наиболее существенное положительное влияние на продуктивные показатели птицы, оно позволило (по отношению к контролю):

– повысить сохранность цыплят на 4,0%, среднесуточный прирост живой массы птицы на 2,57% при пониженном на 6,48% расходе кормов на единицу продукции;

Таблица 5 – Инкубационные показатели качества яиц несушек перепелов

Показатель	Группа			
	контрольная	опытная		
		1-я	2-я	3-я
Отложено яиц, шт.	60	64	84	111
Проинкубировано яиц, шт.	60	60	60	60
Выход инкубационного яйца, %	70,59	71,11	77,06	77,62
Отходы инкубации, шт.	23	21	18	18
в том числе неоплодотворенные яйца, шт.	10	10	8	9
Вывелось цыплят, голов	37	39	42	42
% от заложенных яиц	61,67	65,00	70,00	70,00
% от оплодотворенных яиц	74,00	78,00	80,77	82,35
Живая масса цыпленка, г	8,64±0,39	8,79±0,18	8,88±0,21	8,93±0,20

Таблица 6 – Влияние консорциума пробиотических штаммов *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis* на микрофлору кишечника

Группа	Общее количество аэробных бактерий, КОЕ/г	Общее количество спорообразующих бактерий, КОЕ/г
контрольная	$1,7 \times 10^4$	$2,0 \times 10^3$
3-я опытная	$8,5 \times 10^9$	$8,3 \times 10^3$



- улучшить показатели мясной продуктивности перепелов (увеличение массы потрошенной тушки цыплят на 3,61%, повышение содержания белка в мясе на 1,06%);
- повысить яйценоскость на 7,81%, интенсивность яйцекладки на 5,0%, выход яйцемассы на 9,77%, при снижении затрат кормов на получение 10 яиц на 13,35%;
- увеличить выход инкубационного яйца на 7,03%, выводимость цыплят от заложенных и оплодотворенных яиц на 8,33 и 8,35%, уменьшить отходы инкубации на 21,74%;
- получить экономический эффект 4,79% (в период выращивания цыплят) и 14,56% (в период продуктивного использования несушек).

Список литературы

1. Intestinal morphologic and microbiota responses to dietary *Bacillus* spp. in a broiler chicken model / C. Li [et al.] // *Front Physiol.* 2018. Vol. 9: 1968. Doi:10.3389/fphys.2018.01968.
2. Valeriano V., Balolong M., Kang D. Probiotic roles of *Lactobacillus* spp. in swine: insights from gut microbiota // *J. Appl. Microbiol.* 2017. Vol. 122. P. 554–567. Doi: 10.1111/jam.13364.
3. Jeong J., Kim I. Effect of *Bacillus subtilis* C-3102 spores as a probiotic feed supplement on growth performance, noxious gas emission, and intestinal microflora in broilers // *Poult. Sci.* 2014. Vol. 93. P. 3097–3103. Doi: 10.3382/ps.2014-04086.
4. Growth performance and meat quality of broiler chickens supplemented with *rhodospseudomonas palustris* in drinking water / Q. Xu [et al.] // *Asian Austr. J. Anim. Sci.* 2012. Vol. 25. P. 682–689. Doi: 10.1080/00071668.2014.903326.
5. Clavijo V., Flórez, M. The gastrointestinal microbiome and its association with the control of pathogens in broiler chicken production: a review // *Poult. Sci.* 2017. Vol. 97. P. 1006–1021. Doi: 10.3382/ps/pex359.
6. Yang J., Zhan K., Zhang M. Effects of the use of a combination of two *Bacillus* species on performance, egg quality, small intestinal mucosal morphology, and cecal microbiota profile in aging laying hens // *Probiotics and Antimicrobial Proteins.* 2019. Doi: org/10.1007/s12602-019-09532-x.
7. WHO/FAO scientific document http://who.int/foodsafety/fs_management/en/probiotic_guidelines.pdf. Accessed 11 Feb 2018.
8. EFSA NDA Panel (EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies). General scientific guidance for stakeholders on health claim applications // *EFSA Journal.* 2016. Vol. 14. P. 4367–4438 <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2016.4367>.
9. European Food Safety Authority (EFSA). Technical guidance – update of the criteria used in the assessment of bacterial resistance to antibiotics of human or veterinary importance // *EFSA J.* 2008. Vol. 732. P. 1–15. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2008.732>.
10. Antibiotic resistance – the interplay between antibiotic use in animals and human beings / R. Singer [et al.] // *Lancet Infect Dis.* 2003. Vol. 3. P. 47–51.
11. Body growth, intestinal morphology and microflora of quail on diets supplemented with micronised wheat fibre / M. Rezaeia [et al.] // *Poultry Science.* 2018. Vol. 59. P. 422–429. Doi: 10.1080/00071668.2018.1460461.
12. The behavior of the Japanese or Domestic Quail *Coturnix Japonica* / A. Mills, L. Crawford, M. Domjan, J. Faure // *Neuroscience and Biobehavioral Reviews.* 1997. Vol. 21. P. 261–281. Doi:10.1016/S0149-7634(96)00028-0.
13. Герхардт Ф. Методы общей бактериологии. М.: Мир, 1984. 264 с.
14. Specific properties of probiotic strains: relevance and benefits for the host / R. Bubnov [et al.] // *EPMA Journal.* Doi: 10.1007/s13167-018-0132-z.
15. Методика проведения научных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы / РАСХН; МНТЦ «Племптица»; ГНУ ВНИТИП; под общ. ред. В. И. Фисинина и Ш. А. Имангулова. Сергиев Посад, 2000. 33 с.
16. Рекомендации по кормлению сельскохозяйственной птицы / РАСХН; МНТЦ «Племптица»; ГНУ ВНИТИП; под общ. ред. В. И. Фисинина, Ш. А. Имангулова, И. А. Егорова, Т. М. Околеловой. Сергиев Посад, 2003. 142 с.

Мерзлякова Ольга Григорьевна, старший научный сотрудник, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологии РАН Сибирский научно-исследовательский и проектно-технологический институт животноводства.

E-mail: mer3l@meil.ru.

Калмыкова Галина Васильевна, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологии РАН Сибирский научно-исследовательский институт кормов СФНЦА РАН.

E-mail: qvkalmyk@mail.ru.

Акулова Надежда Ивановна, старший научный сотрудник, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологии РАН Сибирский научно-исследовательский институт кормов СФНЦА РАН.

E-mail: Akulova_ni@nqs.ru.

Рогачев Виктор Александрович, д-р с.-х. наук, зав. лабораторией, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологии РАН Сибирский научно-исследовательский и проектно-технологический институт животноводства.

E-mail: helmmet@mail.ru.

Чегодаев Виктор Гаврилович, канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологии РАН Сибирский научно-исследовательский и проектно-технологический институт животноводства.

E-mail: helmmet@mail.ru.

Шелепов Виктор Григорьевич, д-р с.-х. наук, профессор, член-корр. РАН, зав. лабораторией, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологии РАН Сибирский научно-исследовательский институт кормов СФНЦА РАН.

E-mail: helmmet@mail.ru.

* * *

УДК 636.2:612.66+636:612.112

ЛЕЙКОЦИТЫ И ИХ МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ В ОРГАНИЗМЕ ТЕЛЯТ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОЙ ПРОВИНЦИИ

Ж. С. Рыбьянова, М. А. Дерхо

Изучен лейкоцитарный состав крови и морфологические характеристики лимфоцитов в организме телят, выращиваемых в зоне воздействия предприятий горнодобывающей промышленности. Объект исследования – телочки черно-пестрой породы, из которых по принципу приближенных аналогов сформировано 3 опытные группы ($n = 9$) в 1-, 3- 6-месячном возрасте. Установлено, что общее количество лейкоцитов в крови 1-месячных телят составляет $4,36 \pm 0,12 \cdot 10^9/\text{л}$ при нормальном содержании в лейкограмме гранулоцитов и агранулоцитов и соотношении между ПН/СН и ПН+СН/Лимфоциты на уровне $0,10 \pm 0,01$ и $0,32 \pm 0,03$ усл. ед. В крови 3-месячных животных концентрация лейкоцитов увеличивается до $6,80 \pm 0,30 \cdot 10^9/\text{л}$, но в лейкограмме число сегментоядерных нейтрофилов, моноцитов и лимфоцитов отличается от границ нормы на 13,35; 17,00 и 1,80%, определяя уменьшение величины ПН+СН/Лимфоциты на 21,85% ($p < 0,05$). Аналогичные сдвиги выявляются в лейкограмме 6-месячных животных, но уровень лейкоцитов составляет $4,42 \pm 0,10 \cdot 10^9/\text{л}$. Возраст телят влияет на размерное соотношение лимфоцитов: в мазках крови 1-месячных животных преобладают большие (48,00%) и средние (54,00%) формы клеток. В крови 6-месячных телят уменьшается количество больших (3,69 раза) и средних (в 1,42 раза) лимфоцитов на фоне увеличения клеток малого (в 8,16 раза) размера.

Ключевые слова: кровь, лейкоциты, лейкограмма, размер лимфоцитов, телята.

Территория Челябинской области значительно различается по геохимическим характеристикам, что влияет на специфику промышленных предприятий в ее районах. Так, в горнозаводской зоне области сосредоточены медно-цинковоколчеданные месторождения, что и определяет развитие в ней горнодобывающей промышленности [1]. Деятельность горнодобывающих предприятий оказывает влияние на экологическое состояние объектов окружающей среды и служит основой для формирования в зоне распространения их выбросов техногенных провинций [2, 3], в которых на живые организмы одновременно воздействуют и чрезмерные факторы природного происхождения, и антропо-

генные, в совокупности определяя уровень популяционного здоровья животных и механизмы адаптационных процессов [4, 5, 6].

Одними из самых распространенных загрязнителей горнодобывающих предприятий являются тяжелые металлы, особенно медь, цинк, марганец, кадмий, свинец, которые включаются в пищевые цепи и за счет этого поступают в растительные и животные организмы [3, 5, 7]. В частности, тяжелые металлы, попадая в организм животных, оказывают прямое и опосредованное воздействие на компоненты крови, что взаимосвязано с ее особой функцией в процессах его жизнедеятельности [7, 8]. Согласно данным [9], тяжелые металлы, накапливаясь

в организме, вызывают сдвиги в клеточном транспорте, ингибируют активность ферментов, нарушают гомеостаз, а при взаимодействии с компонентами крови замещают в них жизненно важные элементы.

Одной из составных частей крови являются лейкоциты, уровень которых характеризует клинический статус организма и состояние его иммунной реактивности [10]. Поэтому лейкоцитарный состав крови отражает степень воздействия на организм животных различных экзогенных факторов, в том числе и антропогенного происхождения. Согласно данным [11], система крови взаимосвязана с экологической специализацией животного.

Хотя в литературе имеется большое количество работ, в которых приводятся данные по изменению лейкоцитарного состава крови у крупного рогатого скота во взаимосвязи с действием различных эндо- и экзогенных факторов [11, 12, 13, 14, 15, 16], но до сих пор не удалось установить определенные закономерности их изменений, так как вариабельность лейкоцитов сопряжена не только с физиологическими особенностями организма, но и с условиями среды обитания [17].

В связи с этим **целью работы** явилась оценка изменений лейкоцитарного состава крови и морфологических характеристик лимфоцитов в организме телят, выращиваемых в зоне воздействия предприятий горнодобывающей промышленности.

Материалы и методы исследований

Экспериментальная часть работы выполнена в 2016–2019 гг. на базе ООО «Предуралье» Верхнеуральского района Челябинской области, расположенного в зоне техногенного воздействия предприятий, входящих в состав ОАО «Учалинский ГОК». Объектом исследования служили телочки черно-пестрой породы, из которых по принципу приближенных аналогов было сформировано 3 опытные группы ($n = 9$). В I группу вошли телята в возрасте 1 месяца, во вторую – 3 месяца и в третью – 6 месяцев. Хотя содержание тяжелых металлов в кормах не превышало МДУ, но суточное поступление меди, цинка и марганца в составе рациона кормления превышало нормы потребления на 10,00–25,00%.

Материалом исследований служила кровь. Мазки крови изготавливали сразу после взятия материала, затем окрашивали по методу

Романовского-Гимзы. Подсчет лейкоцитов проводили в камере Горяева, оценку морфологии лейкоцитов – с помощью иммерсионного объектива микроскопа Лоио Мекмед 6. Дополнительно в крови определяли содержание тяжелых металлов согласно МУ 01-19/47-11 на атомно-абсорбционном спектрофотометре «AAS-1» («CarlZeissJena», Германия) в пламени пропан-воздух.

Статистическую обработку данных проводили методом вариационной статистики на ПК с помощью табличного процессора «Microsoft Excel-2003» и пакета прикладной программы «Биометрия».

Результаты исследования

Общепринято, что воздействие любого экзогенного фактора на животный организм вызывает реакцию со стороны органов иммунной системы [13], о которой можно судить по морфологическому составу крови. В условиях техногенных провинций состояние иммунной системы сельскохозяйственных животных определяется как уровнем воздействия антропогенных факторов [12], так и технологических [15, 16]. Поэтому лейкоцитарный состав крови претерпевает значительные изменения в процессе постнатального онтогенеза сельскохозяйственных животных и отражает не только реактивность кроветворной системы, но и ход защитно-приспособительных процессов.

Общее количество лейкоцитов в крови телят в молочный период постнатального онтогенеза зависело от их возраста (табл. 1). Так, в 1-месячном возрасте их уровень составил $4,36 \pm 0,12 \cdot 10^9/\text{л}$ и был меньше нормы на 3,11%. Это сопряжено с несовершенством защитных приспособительных реакций в организме телят в данный период онтогенеза [17] на фоне агрессивного воздействия факторов окружающей среды [4]. В 3-месячном возрасте как результат становления функциональной активности преджелудочного пищеварения и формирования первичного иммунного ответа [14] наблюдалось повышение общего количества лейкоцитов до $6,80 \pm 0,30 \cdot 10^9/\text{л}$ (в пределах нормы). Однако в 6-месячном возрасте уровень белых клеток снова снижался до $4,42 \pm 0,10 \cdot 10^9/\text{л}$. Следовательно, процесс индивидуального развития молочных телят в условиях техногенной провинции протекал на фоне адаптационной перестройки иммунной реактивности организма,



что было результатом его взаимодействия с факторами окружающей среды.

Немаловажную роль в выяснении хода становления иммунологической реактивности играет изменение лейкограммы, отражающей процесс адаптации животных к условиям окружающей среды в молочный период онтогенеза, в который происходит становление системы специфического иммунитета.

Согласно данным [14, 17], в первый месяц жизни иммунитет животных очень сильно зависит от качества, количества молозива и его своевременной выпойки, так как оно служит источником защитных клеточно-гуморальных факторов. Так, в лейкограмме 1-месячных телят, несмотря на низкое общее содержание лейкоцитов, количество гранулоцитов и агранулоцитов соответствовало границам нормы. При этом соотношение ПН/СН, отражающее процесс пролиферации, дифференциации и длительность циркуляции нейтрофилов в кровеносном русле, было равно $0,10 \pm 0,01$ усл. ед., а ПН+СН. Лимфоциты, характеризующее баланс между неспецифическими и специфическими клеточными факторами иммунитета, – $0,32 \pm 0,03$ усл. ед. (табл. 1).

В лейкограмме 3-месячных телят на фоне физиологического уровня лейкоцитов наблюдалось уменьшение количества сегментоядерных нейтрофилов, моноцитов и увеличение лимфоцитов. Процентная доля данных клеток отличалась от границ нормы на 13,35; 17,00 и 1,80%, соответственно (табл. 1). При этом соотношение ПН/СН не изменялось, а ПН+СН/Лимфоциты уменьшалось на 21,85% ($p < 0,05$), свидетельствуя об усилении скорости элиминации нейтро-

филов из кровеносного русла за счет возрастания антигенной нагрузки на организм телят.

Аналогичные сдвиги выявлялись и в лейкограмме 6-месячных животных. При этом доля (%) нейтрофилов отличалась от нормы на 22,50% ($p < 0,05$), лимфоцитов – на 4,00% и моноцитов – на 33,50%. За счет этого уменьшалась величина соотношения ПН+СН/Лимфоциты на 31,25% ($p < 0,05$).

Следовательно, становление иммунной реактивности и естественной резистентности в организме телят в молочный период постнатального онтогенеза в условиях техногенной провинции сопровождалось формированием иммунно-дефицитного состояния, при котором недостаточность нейтрофильных лейкоцитов компенсировалась функциями лимфоцитов.

Дифференциальная формула лимфоцитов отражает функциональное состояние лимфоцитарной системы и служит показателем реактивности организма [10]. При этом лимфоциты являются одной из самых полиморфных популяций лейкоцитарных клеток, в которой они неоднородны по размерам (большие, средние, малые) и морфологическому строению. Согласно данным [19], в малых и средних лимфоцитах обнаруживается узкая полоска цитоплазмы, невыраженная перинуклеарная зона и насыщенный рисунок в ядре хроматина (рис. 1 б, в). У больших лимфоцитов (рис. 1 а) имеется более широкая полоса цитоплазмы, эксцентрично расположенное ядро с хроматином неправильной формы и различного размера.

Возраст телят влиял на размерное соотношение лимфоцитов в циркуляторном русле (табл. 2). Так, в лейкограмме 1-месячных

Таблица 1 – Морфологический состав крови телят ($n = 9$), $X \pm Sx$

Показатель	Норма**	Возраст телят, мес.		
		1	3	6
Лейкоциты, $10^9/л$	4,5–12	$4,36 \pm 0,12$	$6,80 \pm 0,30^*$	$4,42 \pm 0,10$
Лейкограмма, %				
Эозинофилы	3–8	$3,33 \pm 0,44$	$2,67 \pm 0,33$	$3,34 \pm 0,17$
Палочкоядерные нейтрофилы (ПН)	2–5	$2,00 \pm 0,29$	$1,99 \pm 0,20$	$1,83 \pm 0,22$
Сегментоядерные нейтрофилы (СН)	20–35	$21,17 \pm 1,59$	$17,33 \pm 0,72$	$15,50 \pm 0,66^*$
Лимфоциты	40–75	$71,53 \pm 1,36$	$76,35 \pm 0,34^*$	$78,00 \pm 0,76^*$
Моноциты	2–7	$1,97 \pm 0,17$	$1,66 \pm 0,17$	$1,33 \pm 0,17$
ПН/СН, усл. ед	–	$0,10 \pm 0,01$	$0,11 \pm 0,01$	$0,12 \pm 0,01$
ПН+СН/Лимфоциты, усл. ед.	–	$0,32 \pm 0,02$	$0,25 \pm 0,01^*$	$0,22 \pm 0,01^*$

Примечание: * – $p < 0,05$ по отношению к 1 мес. возрасту; ** – норма по М.А. Медведевой (2008) [18].



Рис. 1. Лимфоциты крови телят, ув. $\times 1000$, окраска по Романовскому-Гимзе:
а – большой лимфоцит; б – средний лимфоцит; в – малый лимфоцит

Таблица 2 – Количество (в %) видов лимфоцитов ($n = 9$), $X \pm Sx$

Показатель	Возраст телят, мес.		
	1	3	6
Малые лимфоциты	6,00 \pm 0,34	33,00 \pm 0,64	49,00 \pm 1,18
Средние лимфоциты	54,00 \pm 1,27	46,00 \pm 1,18	38,00 \pm 2,22
Большие лимфоциты	48,00 \pm 1,32	21,00 \pm 0,74	13,00 \pm 0,94

животных популяция лимфоцитов в основном была представлена большими и средними формами. В ходе взросления животных происходило уменьшение в мазках крови количества больших (3,69 раза) и средних (в 1,42 раза) лимфоцитов на фоне увеличения клеток малого (в 8,16 раза) размера.

Это было результатом возрастного становления функциональной активности органов лейкопоза в организме животных, в ходе которого в них происходило созревание незернистых лейкоцитов от больших форм к малым (зрелым) [19], что отражалось на их соотношении в кровеносном русле.

Центральной фигурой специфических иммунологических реакций является зрелый лимфоцит, который служит предшественником антителообразующих клеток и эффектором специфических реакций, обладает иммунологической памятью [20]. Поэтому в ходе роста в организме животных возрастало количество малых форм клеток, которые способны, во-первых, более длительно сохранять жизнеспособность; во-вторых, перемещаться с кровотоком в клетки органов и тканей, проявляя биологические функции, а в-третьих, дифференцироваться в лимфоподобные клетки. Это отражает возрастание уровня антигенной нагрузки на организм животных.

Таким образом, общее количество лейкоцитов в крови 1-месячных телят составляет $4,36 \pm 0,12 \cdot 10^9/\text{л}$, что меньше нормы на 3,11%. В лейкограмме отмечается нормальное содержа-

ние гранулоцитов и агранулоцитов, соотношение между ПН/СН и ПН+СН/Лимфоциты равно $0,10 \pm 0,01$ и $0,32 \pm 0,03$ усл. ед. В крови 3-месячных животных увеличивается концентрация лейкоцитов до $6,80 \pm 0,30 \cdot 10^9/\text{л}$, но в лейкограмме изменяется число сегментоядерных нейтрофилов, моноцитов и лимфоцитов, отличаясь от границ нормы на 13,35; 17,00 и 1,80% и определяя уменьшение величины ПН+СН/Лимфоциты на 21,85% ($p < 0,05$). Данные сдвиги прогрессируют в лейкограмме 6-месячных животных. При этом уровень лейкоцитов составляет $4,42 \pm 0,10 \cdot 10^9/\text{л}$. Возраст телят влияет на размерное соотношение лимфоцитов в циркуляторном русле. В мазках крови 1-месячных животных преобладают большие и средние формы клеток, составляя 48,00 и 54,00% от их общего количества. К 6-месячному возрасту в крови телят уменьшается количество больших (3,69 раза) и средних (в 1,42 раза) лимфоцитов на фоне увеличения клеток малого (в 8,16 раза) размера.

Список литературы

1. Семенова И. Н., Абдуллина Л. А., Рафикова Ю. С. Загрязнение объектов окружающей среды в зоне влияния Бурибаевского горно-обогатительного комбината и показатели заболеваемости населения // *Фундаментальные исследования*. 2011. № 10. С. 558–560.
2. Опекунова М. Г. Диагностика техногенной трансформации ландшафтов на основе биоиндикации : автореф. дис. ... д-ра геогр. наук.



СПб. : Санкт-Петербургский государственный университет, 2013. 36 с.

3. Шарифьянова В. Р. Содержание тяжелых металлов в почвах ООО «Заозерный» лесостепной зоны Южного Урала // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины. 2013. Т. 214. С. 488–493.

4. Рыбьянова Ж. С., Дерхо М. А. Особенности морфологии эритроцитов в организме телят в условиях техногенной провинции // АПК России. 2017. Т. 24. № 3. С. 687–692.

5. Рыбьянова Ж. С., Дерхо М. А. Виды трансформаций эритроцитов у коров в условиях техногенной провинции // Ученые записки Казанской ГАВМ им. Н. Э. Баумана. 2019. Т. 238. № 2. С. 170–175.

6. Erythrocytes and Their Transformations in the Organism of Cows / M. Derkho [et al.] // Inter. Journal of Veterinary Science. 2019. Vol. 8 (2). P. 61–66.

7. Дерхо М. А., Соцкий П. А. Влияние кумуляции тяжелых металлов в организме бычков на некоторые функции печени // Ветеринарный врач. 2008. № 1. С. 16–19.

8. Арушанян Э. Б., Эльбекьян К. С. Иммунотоксичность солей металлов и защитная роль эпифизарных факторов // Биомедицинская химия. 2006. Т. 5. Вып. 6. С. 547–555.

9. Шейбак В. М., Павлюковец А. Ю. Иммунотоксические и иммунорегуляторные эффекты воздействия свинца на организм млекопитающих // Проблемы здоровья и экологии. 2012. № 1 (31). С. 120–125.

10. Хвастунова А. Н. Параллельное исследование морфологии и иммунофенотипа нормальных и патологических лимфоцитов с помощью клеточного биочипа : дис. ... канд. биол. наук. М. : ФБУН ЦТПФХФ РАН, 2015. 130 с.

11. Аглюпина А. Р., Жуков А. П., Радаев И. В. Возрастные изменения морфологии крови телят из техногенной провинции Оренбуржья // Вестник ОГУ. 2006. № 12. С. 91–94.

12. Барашкин М. И. Влияние различных факторов на иммунную систему крупного ро-

гатого скота при промышленных технологиях содержания // Аграрный вестник Урала. 2015. № 2. С. 16–19.

13. Дерхо М. А., Соцкий П. А. Характеристика влияния факторов природной среды на активность органов лейкопоза в организме бычков // Аграрный вестник Урала. 2010. № 4 (70). С. 86–88.

14. Москвина А. С. Изменение морфофизиологических показателей крови телят с возрастом и в процессе вакцинации // Российский ветеринарный журнал. Сельскохозяйственные животные. 2012. № 1. С. 28–30.

15. Сайфутдинова Л. В., Дерхо М. А. Лейкоциты и их информативность в оценке напряженности стресс-реакции у кур-несушек // Известия ОГАУ. 2019. № 1 (75). С. 136–139.

16. След А. Н., Дерхо М. А. Лейкоциты и особенности их взаимосвязей с кортизолом и прогестероном в организме сухостойных коров // Известия ОГАУ. 2019. № 1 (75). С. 133–136.

17. Карамеева А. С., Зайцев В. В. Динамика показателей естественной резистентности телят разных пород // Известия ОГАУ. 2010. Режим доступа : cyberleninka.ru/article/n/dinamika-pokazatili-estestvennoy (дата обращения 20.11.2019).

18. Медведева М. А. Клиническая ветеринарная лабораторная диагностика. Справочник для ветеринарных врачей. М. : Аквариум-Принт, 2008. С. 132–134.

19. Колесник Е. А., Дерхо М. А. Характеристика проблематики морфофизиологии клеток крови неонатального онтогенеза кур. Сообщение II. Характеристика дифференциальных морфофизиологических маркеров форменных элементов крови птиц // АПК России. 2019. Т. 26. № 4. С. 644–652.

20. Щеколдин В. Ф. Гипотеза о биологофункциональной сущности лимфоцитов периферической крови человека // Альманах современной науки и образования. 2014. № 2 (81). С. 186–190.

Рыбьянова Жанна Сергеевна, аспирант, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: khimecugavm@inbox.ru.

Дерхо Марина Аркадьевна, д-р биол. наук, профессор, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: khimecugavm@inbox.ru.

* * *

УДК 664.002.35+616.2:616-084

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОГО КОМПЛЕКСА
В ПРОФИЛАКТИКЕ И КОМПЛЕКСНОМ ЛЕЧЕНИИ
ОБСТРУКТИВНОЙ БОЛЕЗНИ ЛЕГКИХ**

А. А. Вековцев, Е. Ю. Лобач, В. М. Позняковский

Хронические заболевания бронхолегочной системы занимают одни из лидирующих позиций по распространенности, и их число неуклонно растет среди трудоспособного населения. Медикаментозная борьба с симптомами рассматриваемой патологии может оказаться недостаточной и спровоцировать развитие более глубоких поражений органов дыхания. Действенной поддержкой обменных нарушений является диетотерапия в виде различных форм биологически активных добавок (БАД). Разработан таблетированный биокомплекс на растительной основе, содержащий синергически активные ингредиенты в научно обоснованных количествах и соотношениях. БАД включали дополнительно к основной терапии 20 пациентам с диагнозом хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ) по 2 таблетки в течение 21 дня. Прием рекомендуемого количества биокомплекса обеспечивает поступление, мг: флавоноиды в пересчете на рутин – 16; кверцетин – 11,2; аскорбиновая кислота – 45; дубильные вещества в пересчете на танины – 24. Контрольная группа получала традиционное лечение. У больных, принимавших биокомплекс, на 3 дня раньше отмечены снижение приступов кашля и одышки. Увеличилась максимальная скорость выдоха на уровне мелких бронхов, что служит доказательством улучшения их вентиляции, отмечена выраженность обструкции бронхиального дерева. Количество клеток в мокроте уменьшилось в 1,3 раза по отношению к контролю и свидетельствует о противовоспалительном действии БАД. Установлены изменения активности протеолитического фермента эластазы в крови и мокроте, что является индикатором удаления патогенных микроорганизмов из дыхательных путей. Полученные материалы свидетельствуют об эффективности использования БАД в традиционном лечении патологии дыхательных путей.

Ключевые слова: БАД, обструктивная болезнь легких, эффективность, функциональная направленность.

В России около 12 млн человек имеют диагноз ХОБЛ. Согласно заключениям экспертов, прогнозируется повышение роста указанного заболевания [4, 7, 12, 15].

Хроническое развитие ХОБЛ приводит к возникновению других патологий и, в конечном счете, к инвалидизации. Основная часть этого населения относится к трудоспособным лицам в возрасте не старше 50 лет [3, 10, 14, 16, 27].

ХОБЛ является прогрессирующим заболеванием с учетом неблагоприятной экологии, расширения потребления табака и алкоголя, что прогнозирует рассматриваемую патологию в качестве причины смерти на 3-м месте в мире к 2020 году [1, 29].

Известно, что инфекции бронхиального дерева являются основной причиной обострения ХОБЛ.

Имеется мнение о ведущей роли инфекции в патогенезе хронического воспаления при ХОБЛ, другие утверждают, что инфекция – это только эпифеномен. Причиной обострения ХОБЛ в 40–50% случаев являются неинфекционные факторы. Ведущее место в развитии клинической картины заболевания принадлежит поражению бронхиального дерева, нарушению его вентиляции. Доказано, что даже в период клинической ремиссии ХОБЛ процесс в бронхах может сохраняться. На выраженность воспаления и клиническую ремиссию ХОБЛ



оказывает влияние микрофлора нижнего респираторного тракта [11, 17, 18, 22, 25].

Приобретают актуальность исследования, направленные на изыскания новых способов повышения вентиляции бронхов, укрепление местного иммунитета, повышение эффективности существующих способов терапии заболевания.

Процесс лечения дыхательных путей обычно требует длительного назначения нескольких препаратов с высокой степенью кратности. Это вызывает целый ряд неудобств для больных, в том числе пожилого и старческого возраста. Накопленный опыт терапии свидетельствует о целесообразности использования различных форм биологически активных добавок (БАД), других поликомпонентных препаратов на основе растительного и животного сырья. Применение диетотерапии повышает эффективность традиционного лечения, при этом исключаются побочные эффекты, уменьшается количество и кратность назначения лекарственных средств [2, 5, 6, 8, 9, 19–21, 24, 26, 28, 30].

Цель исследования – оценка эффективности новой формы БАД в комплексной терапии хронической обструктивной болезни легких.

Материалы и методы

В работе использовались клинические, инструментальные и лабораторные методы испытаний, согласно требованию нормативного документа [23].

Испытания БАД проводили в группе 20 больным ХОБЛ – 12 мужчин и 8 женщин, в возрасте 37–54 лет в фазе обострения. У 13 (37%) регистрировалась первая стадия заболевания, у 7 (29%) больных – вторая.

Дополнительно к рациону больные получали разработанный биокомплекс в условиях амбулаторного режима по 2 таблетки в течение 21 дня. Контрольная группа включала 15 больных аналогичного возраста, пола с подтверждением заболевания по стадиям ХОБЛ.

Лечение с применением БАД осуществляли параллельно со стандартной терапией антибиотиками и бронхолитиками.

Изучали: уровень содержания эластазы мокроты и крови; показатели спирографии, характеризующие изменения функции внешнего дыхания, анализ крови (общий) и характеристику индуцированной мокроты. Испытания проводили до и после лечения как в опытной, так и контрольной группах.

Оценка эффективности терапии осуществлялась на 7, 14 и 21 сутки по показателям, баллы.

Мокрота (0 – отсутствует, 1 – 1-2 плевка, 2 – несколько плевков с сутки, 3 – значительное количество мокроты).

Кашель (0 – отсутствует, 1 – редкий, 2 – повторный в течение суток, 3 – приступообразный, 4 – постоянный ночью и днем).

Одышка (0 – отсутствует, 1 – незначительная при физической нагрузке, 2 – одышка в обычных условиях, 3 – при незначительной физической нагрузке, 4 – ночью и в покое).

Клинические испытания выполнены на базе городской клинической больницы № 3 г. Томска, под руководством зав. кафедрой внутренних болезней СибГМУ, доктора медицинских наук, профессора Е.Б. Букреевой.

Результаты исследований

Разработана новая форма БАД – специализированный продукт, включающий растительные компоненты, широко используемые в народной медицине и фитотерапии. Для научного обоснования рецептуры дана биохимическая характеристика действующих начал, обуславливающих функциональные свойства:

- бета-каротин выполняет функцию антиоксиданта, защищая организм от агрессивного воздействия свободных радикалов, активных форм кислорода, других ксенобиотиков. Контролирует иммунные реакции, процессы зрения, роста и развития;

- экстракт виноградных зерен. Действующими веществами являются биофлавоноиды (проантоциандинины), которые по своим антиоксидантным свойствам гораздо активнее аскорбиновой кислоты и токоферола. Благодаря этим свойствам оказывает укрепляющее влияние на стенки кровеносных сосудов, защищает от инфекционных заболеваний, активизирует периферическую циркуляцию крови, препятствует процессу старения клеток;

- солодка корень. Благодаря содержанию глициризина обладает противовоспалительным действием, повышает функцию дыхательных путей и легочного сурфактанта. Флавоноиды также проявляют противовоспалительные свойства наряду с антисекреторным и спазмолитическим влиянием в условиях заболеваний желудочно-кишечного тракта. Отмечен десенсибилизирующий эффект солодки;

– кверцетин. Биофлавоноид, обладающий антиоксидантной, противоаллергической и противовоспалительной активностью. Отмечены противомикробные, противоопухолевые и противовирусные свойства кверцетина, его положительное влияние на сердечно-сосудистую систему и реализацию метаболических функций аскорбиновой кислоты;

– мелисса (трава). За счет содержания олеаноловой, урсоловой кислот и кофейной кислот, эфирного масла, дубильных веществ, витамина С, смолы, слизи и бета-каротина позиционируется как болеутоляющее, сердечное и противосудорожное средство, проявляет тонизирующий эффект при малокровии;

– пау д'арко, муравьиное дерево (кора). Содержит биологически активное соединение, лапахол, которое обладает антигрибковым, иммуннокорректирующим и антибактериальным влиянием, в малых дозах – при комплексном лечении паразитарных заболеваний. Установлен эффект в отношении вирусных и бактериальных заболеваний, снижении болевых симптомов и увеличении эритроцитов крови, что позволяет его использовать при различных инфекциях и патологиях;

– анис (семя). Эфирное масло семени аниса содержит анискептон, анетол, ацетальдегид, метилхавикол, камфен, фелландрен, дипентен и пинен, стимулирующих секреторную и моторные функции пищеварительного тракта. Обладает отхаркивающим и дезинфицирующим влиянием;

– подорожник (лист). Противовоспалительные, отхаркивающие, противомикробные, кровоостанавливающие свойства обусловлены содержанием минеральных солей, полисахаридов, фитонцидов, слизи, стероидных сапонинов, гликозида аукубина, холина, флавоноидов, каротина, витаминов С и К, дубильных веществ. Отмечено также положительное влияние на функции эпителия дыхательных путей, слизи бронхиальных желез, умеренно снижает кровяное давление;

– липа (цвет). Содержит комплекс биологически активных веществ – фенолкарбоновые кислоты, эфирное масло, полисахариды, дубильные вещества, витамин С, флавоноиды, благодаря чему обладает антиревматическим, патогонным и бактерицидным влиянием. Применяют в качестве противовоспалительного и жаропонижающего средства;

– бромелайн. Протеолитический фермент, обладающий высокой детоксикационной активностью. Катализирует ключевые процессы белкового и углеводного обменов, улучшает пищеварение, проявляет противовоспалительный эффект;

– коровяк (цветки). Действующее вещество коровяка – слизь, а также сопутствующие биологически активные соединения – эфирное масло, сапонины, иридоиды, флавоноиды – обеспечивают спазмолитические, отхаркивающие и смягчительные свойства при заболеваниях бронхиальной системы;

– алтей (корень). Благодаря содержанию слизистых веществ (гексозанов и пентозанов), макро- (магний, кальций, калий) и микроэлементов (бор, марганец, йод, железо, стронций, медь, никель, цинк, селен, кобальт, алюминий, хром), пептина, крахмала, фитостерина, аспоргина, сахарозы, бетаина позиционируется в качестве противовоспалительного, отхаркивающего и смягчительного средства. Предохраняет от раздражающего и токсического действия ксенобиотиков;

– витамин С. Проявляет направленное антиоксидантное и антибактериальное свойство, укрепляет иммунную систему, повышает сопротивляемость к воздействиям различных факторов внутренней и внешней среды. Стимулирует обмен веществ посредством регуляции окислительно-восстановительных процессов. Положительно влияет на обмен железа и фолиевой кислоты;

– береза (лист). Эфирное масло березы включает глюкозу, сесквитерпеновый спирт бетуллол, фитонциды, витамины Е, РР, С, за счет которых проявляет противовоспалительный, мочегонный, дезинтоксикационный и желчегонный эффекты. Рекомендуются при различных заболеваниях, патогенез которых связан с обменом вышеуказанных биологически активных соединений.

Разработан качественный и количественный состав рецептурной формулы БАД, мг: Алтей (корень) – 37,5; Коровяк (цветки) – 25; Витамин С – 25; Береза (лист) – 12,5; Пау Д'арко (экстракт коры) – 12,5; Анис (плоды) – 12,5; Подорожник (лист) – 12,5; Липа (цвет) – 12,5; Бромелайн – 12,5; Солодка (корень) – 6,25; Кверцетин – 6,25; Мелисса (лист) – 6,25; Виноград (экстракт зерен) – 0,25; Витамин А – 0,16.

Таким образом, компоненты бикомплекса оказывают синергическое, общеукрепляющее,



мягкое противовоспалительное и отхаркивающее действие, способствующее разжижению и эвакуации мокроты, обладают легким антибактериальным эффектом. Рекомендуется к применению как профилактическое и общеукрепляющее средство при ОРВИ, бронхитах, пневмонии, бронхиальной астме др. Противовоспалительный и антибактериальный эффект препарата усилен сочетанием трав, способствующих разжижению и эвакуации мокроты, защите и заживлению слизистых верхних дыхательных путей, снятию явлений отека и аллергии. Специализированный продукт обогащен бета-каротином, витамином С, комплексом флавоноидов и антоциановыми соединениями, обладающими антиоксидантной активностью.

Установлено, что на 3–4-й день приема БАД наблюдался положительный эффект, все больные отмечали легкость откашливания мокроты. По истечении 2 недель в значительной степени снизился кашель, содержание мокроты, уменьшилась выраженность одышки, более свободным стало дыхание. По окончании испытаний клинические симптомы в опытной и контрольных группах достоверно не отличались (табл. 1), вместе с тем отмечена их различная динамика (рис. 1–3).

Показано, что комплексная терапия достоверно снижает длительность симптомов в период обострения заболевания. Дополнительное назначение БАД в терапевтическую схему снижает количество больных с выраженным кашлем в первые 4 дня.

В группе испытуемых, без наличия выраженной гиперсекреции и с преобладанием густой вязкой мокроты (дискрении), наблюдалось более легкое откашливание мокроты и уменьшение ее количества. У пациентов, характеризующихся значительным количеством мокроты, положительный эффект наблюдался в 50 % случаев. Это свидетельствует о необходимости более длительного курса диетотерапии для обследуемых больных, а также целесообразности

применения БАД в профилактических целях при отсутствии заболевания.

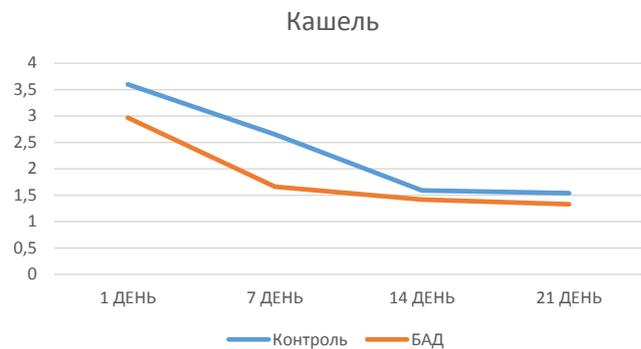


Рис. 1. Изменения клинических показателей у пациентов (кашель)

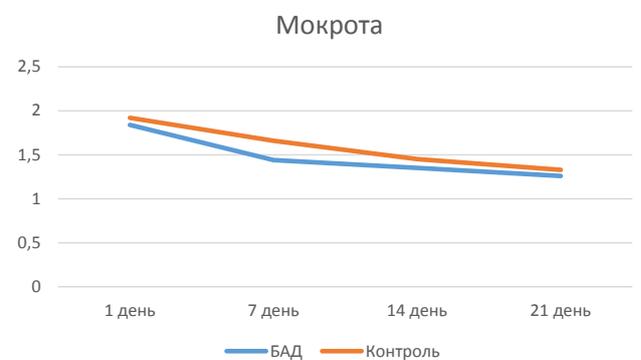


Рис. 2. Изменения клинических показателей у пациентов (мокрота)

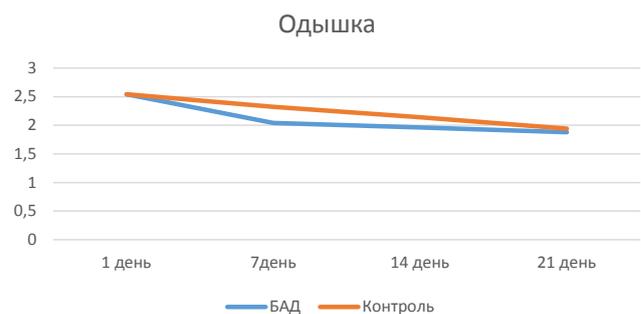


Рис. 3. Изменения клинических показателей у пациентов (одышка)

Таблица 1 – Изменения клинических показателей на фоне терапии БАД, баллы

Показатели	Характеристики, баллы		Достоверность (тест Манна-Уитни)
	БАД	Контрольная	
Кашель	1,32±0,10	1,55±0,22	0,17
Мокрота	1,25±0,13	1,34±0,16	0,26
Одышка	1,88±0,12	1,94±0,09	0,32

Установлено, что более чем у половины больных, принимавших биокомплекс, в течение первых дней наблюдалось уменьшение или исчезновение одышки. Полученные данные свидетельствуют о снижении степени выраженности бронхообструктивного синдрома. При наличии у больных значительной дыхательной недостаточности наблюдалось сохранение одышки при менее выраженной степени. Установлено достоверное повышение МОС (на 75 %).

Полученные показатели могут быть еще одним доказательством эффективности БАД в коррекции функций внешнего дыхания у больных с ХОБЛ (табл. 2). Кроме этого наблюдается улучшение проходимости в мелких бронхах.

При исследовании цитологических показателей индуцированной мокроты установлено, что применение БАД у больных с диагнозом ХОБЛ приводит к повышению противовоспалительного эффекта. Это подтверждается результатами исследований цитограммы слизистой бронхиального дерева и уменьшением уровня цитоза индуцированной мокроты при сравнении с группой контроля.

Цитоз мокроты на 21-й день традиционного лечения находился на уровне $2,1 \pm 0,3 \times 10^9/\text{л}$, при включении БАД в схему терапии удалось добиться снижения этого показателя до $1,6 \pm 0,3 \times 10^9/\text{л}$ ($p < 0,05$).

Изменения в составе клеточных элементов под влиянием БАД не происходило.

Позитивное влияние диетотерапии на эффективность комплексного лечения ХОБЛ объясняет снижение уровня эластазы под воздействием БАД как в крови, так и мокроте пациентов (табл. 3).

Эластаза – протеолитический фермент, повышение количества которого свидетельствует об обострении воспалительного процесса. Нормальное значение уровня этого фермента в крови 90 нмоль/мин. Мл, мокроте – 0,2 нмоль/мин. Мл. Прием специализированного продукта способствует достоверному снижению этого показателя.

Известно, что следствием развития ХОБЛ может быть нарушение функции легких, что сопровождается существенным изменением слизистой и является отрицательным показателем, характеризующим качество жизни.

Полученные данные являются основанием для рекомендации разработанного биокомплекса как эффективного дополнительного средства к базисному лечению ХОБЛ, в частности в период 1 и 2 стадий.

Назначение БАД в рекомендуемом количестве обеспечивает поступление, мг (в скобках – % от рекомендуемой суточной потребности): флавоноиды в пересчете на рутин – 16 (53); кверцетин – 11,2 (37); аскорбиновая кислота – 45 (50); дубильные вещества в пересчете на танины – 24 (12).

Проведена апробация разработанного продукта в условиях производства в НПО «Арт

Таблица 2 – Показатели функции внешнего дыхания у пациентов с применением БАД

Показатели	БАД	Контрольная группа
ЭКР (ЧСС)	72,4±2,4	74,2±2,0
ЖЭЛ (%)	65,0 ±2,38	63,4±3,0
ОФВ1 (%)	52,43±2,46	53,08±1,90
МОС 25 (%)	48,22±5,56	47,67±2,53
МОС 50 (%)	35,99±2,35	34,0 ±2,10
МОС 75 (%)	29,58±1,43	22,40±3,35*

* – достоверность различий $p < 0,05$.

Таблица 3 – Уровень эластазы в крови и мокроте пациентов с ХОБЛ на фоне приема БАД и базисной терапии (контроль)

Показатели	БАД		Контрольная группа		Уровень значимости различий	
	До приема	После приема	До приема	После приема	До приема	После приема
Эластаза крови (нмоль/мин. мл)	123±51	102±10	125±24	114±12	0,24	0,036
Эластаза мокроты (нмоль/мин. мл)	0,9±0,2	0,4±0,2	1,0±0,3	0,7±0,2	0,41	0,048



Лайф» (г. Томск) с организацией промышленного производства. Качество и конкурентоспособность БАД гарантируются требованиями стандартов ИСО 9001, 22000 и правилами GMP.

Выводы

1. Специализированный продукт обладает выраженным противовоспалительным, отхаркивающим эффектом, улучшает состояние слизистой бронхов.

2. Результаты клинических испытаний подтверждают эффективность разработанной формулы БАД при ее использовании в комплексном лечении хронических заболеваний дыхательных путей.

3. Динамика снижения уровня эластазы свидетельствует о целесообразности применения БАД для профилактики обострения рассматриваемой патологии.

Рекомендации

Разработанный продукт может быть рекомендован в качестве дополнительной диетотерапии при профилактике и комплексном лечении обструктивной болезни легких путем включения в рацион по 2 таблетки в течение 21 дня.

Список литературы

1. Абдуллаев Ш. А., Шукурова С. М., Почджанова Ш. Ш. Хроническая обструктивная болезнь легких: факторы риска и легочная реабилитация // Вестник Авиценны. 2013. № 2 (55). С. 160–166.

2. Австриевских А. Н., Вековцев А. А., Позняковский В. М. Продукты здорового питания: новые технологии, обеспечение качества, эффективность применения : монография. Новосибирск : Сиб. унив. изд-во, 2005. 416 с.

3. Вопросы сочетанной патологии: туберкулез верхних дыхательных путей, туберкулез легких, хроническая обструктивная болезнь легких / Н.В. Бекмухамбетова [др.] // Новые технологии в оториноларингологии : сб. ст. межрегиональной науч.-практ. конф. с междунар. участием. М., 2016. С. 126.

4. Хроническая обструктивная болезнь легких: проблемы сегодняшнего дня / А. С. Белявский [и др.] // Практическая пульмонология. 2015. № 3. С. 18–23.

5. Бодня О. С. Хроническая обструктивная болезнь легких: комплексный подход к терапии // Справочник поликлинического врача. 2016. № 1. С. 20–23.

6. Визель А. А., Визель И. Ю., Бакунина Е. А. Хроническая обструктивная болезнь легких. Современные подходы к терапии // Медицинский совет. 2016. № 15. С. 6–10.

7. Визель А. А., Визель И. Ю. Хроническая обструктивная болезнь легких: состояние, проблемы // Лечащий врач. 2016. № 4. С. 78.

8. Герасименко Н. Ф., Позняковский В. М., Челнакова Н. Г. Методологические аспекты полноценного, безопасного питания: значение в сохранении здоровья и работоспособности // Человек. Спорт. Медицина. 2017. № 1. Т. 17. С. 79–86.

9. Герасименко О. Н., Сухатерина Н. А., Шпагин И. С. Нутритивный статус при фенотипе хроническая обструктивная болезнь легких в сочетании с артериальной гипертензией // Актуальные вопросы пульмонологии у работающего населения – инновации и перспективы : матер. Всер. науч.-практ. конф. СПб., 2017. С. 27–32.

10. Джамолова Р. Д., Ниязов Ф. И., Мирзоев Х. Ш. Хроническая обструктивная болезнь легких и сопутствующая патология сердечно-сосудистой системы // Вестник Авиценны. 2014. № 1 (58). С. 139–143.

11. Zhmagaliyeva A. N. Alpha-1 antitrypsin deficiency and chronic obstructive pulmonary disease // Наука и здравоохранение. 2016. № 1. С. 127–136.

12. Здоровье России: атлас / под ред. Л. А. Бокерия. 8-е изд. М. : НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН, 2012. 408 с.

13. Иванова М. А., Пунин А. А., Ваулин С. В. Хроническая обструктивная болезнь легких и алкоголь: актуальное сочетание // Актуальные проблемы и достижения в медицине : сб. науч. тр. по итогам Междунар. науч.-практ. конф. М., 2017. С. 20–24.

14. Хроническая обструктивная болезнь легких и сопутствующая патология: особенности течения, оценка уровня тревожности и депрессии / С. А. Кожевникова [и др.] // Прикладные информационные аспекты медицины. 2016. Т. 19. № 4. С. 119–125.

15. Хроническая обструктивная болезнь легких: проблемы и перспективы (по данным литературы) / И. Ю. Коротин [и др.] // Актуальные вопросы диагностики, лечения и реабилитации больных : матер. XVIII Межрегиональной науч.-практ. конф. / ГБОУ ДПО «Пензенский институт усовершенствования врачей» Минздрава России. 2016. С. 136–137.

16. Лещенко И. В., Баранова И. И. Хроническая обструктивная болезнь легких: проблемные вопросы клинической эпидемиологии, факторов риска и базисной терапии (обзор литературы) // *Consilium Medicum*. 2016. Т. 18. № 11. С. 8–18.
17. Лещенко И. В., Авдеев С. Н. Хроническая обструктивная болезнь легких: индикаторы качества, алгоритм диагностики и терапии // *РМЖ*. 2016. Т. 24. № 16. С. 1039–1046.
18. The mathematical pathogenetic factors analysis of acute inflammatory diseases development of bronchopulmonary system among infants / G. O. Lezhenko [et al.] // *Запорожский медицинский журнал*. 2017. Т. 19. № 5 (104). С. 596–600.
19. Павленко В. И., Рыбась Е. Г., Нарышкина С. В. Хроническая обструктивная болезнь легких: перспективы противовоспалительной терапии // *Амурский медицинский журнал*. 2014. № 1 (5). С. 87–92.
20. Позняковский В. М., Чугунова О. В., Тамова М. Ю. Пищевые ингредиенты и биологически активные добавки. М.: ИНФРА-М, 2017. 143 с.
21. Пономарева Ю. В., Магницкая О. В., Заяц А. В. Хроническая обструктивная болезнь легких: современные принципы фармакотерапии // *Лекарственный вестник*. 2014. Т. 8. № 1 (53). С. 31–37.
22. Справочник поликлинического врача. Хроническая обструктивная болезнь легких. 2015. № 1. С. 20–24.
23. Технический регламент ТС 027/2012 «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического, лечебного и диетического профилактического питания».
24. Tkachenko V. I., Kuharchuk K. N. Chronic obstructive pulmonary disease u approachu es to pharmacotherapy of exacerbation // *Семейная медицина*. 2015. № 1 (57). С. 126.
25. Профессиональная хроническая обструктивная болезнь легких: фенотипические характеристики / Л. А. Шпагина [и др.] // *Медицина труда и промышленная экология*. 2017. № 3. С. 47–53.
26. Castejón M. G., Casado A. R. Regulation of inflammation by dietary phytochemicals: current perspectives // *Phytochemicals: Occurrence in Nature, Health Effects and Antioxidant Properties*. 2013. С. 175–188.
27. Chronic obstructive pulmonary disease and stroke / A. Corlateanu [et al.] // *Journal of chronic obstructive pulmonary disease*. 2018. Vol. 15. № 4. P. 405–413
28. The unmet needs of people with chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review of qualitative findings / M. Clari, D. Ivziku, R. Casciaro, M. Matarese // *Journal of chronic obstructive pulmonary disease*. 2018. Vol. 15. № 1. P. 79–88.
29. Classification of chronic obstructive pulmonary disease (copd) according to the new global initiative for chronic obstructive lung disease (gold) 2017: comparison with gold 2011 / R. Marçõa [et al.] // *Journal of chronic obstructive pulmonary disease*. 2018. Vol. 15. № 1. P. 21–26.
30. Angiotensin converting enzyme inhibitors and angiotensin receptor blockers: a promising medication for chronic obstructive pulmonary disease? / I. E. Vasileiadis, P. T. Giannakopoulou, C. A. Goudis, T. Liu // *Journal of chronic obstructive pulmonary disease*. 2018. Vol. 15. № 2. P. 148–156

Вековцев Андрей Алексеевич, канд. мед. наук, доцент базовой кафедры «Пищевая индустрия и функциональное питание», Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия; заместитель генерального директора по науке и инновациям, НПО «АртЛайф».

E-mail: andrey@artlife.ru.

Лобач Евгения Юрьевна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Маркетинг и бизнес-коммуникации», Кемеровский государственный университет.

E-mail: lobach_evgenia@mail.ru.

Позняковский Валерий Михайлович, д-р биол. наук, профессор, руководитель научно-образовательного центра «Переработка сельскохозяйственного сырья и пищевые технологии», заведующий кафедрой «Пищевая индустрия и функциональное питание», Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия.

E-mail: pvm1947@bk.ru.

* * *

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОГО КОМПЛЕКСА В КАЧЕСТВЕ МОНОКОРРЕКТОРА ОСТЕОГЕНЕЗА ПРИ ПЕРЕЛОМАХ ДЛИННЫХ ТРУБЧАТЫХ КОСТЕЙ

А. А. Вековцев, М. М. Шамова, В. М. Позняковский

В цель исследования входила оценка эффективности нового биологически активного комплекса в отношении процессов репарации костной ткани. Предметом исследования явились пациенты с переломами длинных трубчатых костей – 14 женщин и 21 мужчина в возрасте от 15 до 40 лет. Контрольная группа получала лечение по классической методике, основная – дополнительно биологически активный комплекс в форме биологически активной добавки (БАД) по 1 капсуле во время еды 3 раза в день на протяжении 1 месяца. В исследовании применяли лабораторные методы изучения биохимических маркеров остеогенеза, динамику общего анализа крови (ОАК), показатели коагуляционного гемостаза, реологических и биохимических свойств крови (неорганический фосфор, ионизированный кальций, щелочная фосфатаза (ЩФ) и остеокальцин (ОК)), протромбированное время (ПВ), активированное парциальное тромбопластиновое время (АПТВ), фибриноген (ФГ). В качестве инструментального метода проводили рентгенографию. В результате исследования был разработан рецептурный состав БАД, включающий ингредиенты, действующие начала которых обладают синергическим влиянием на регенерацию костной ткани и обеспечение нормальных условий остеогенеза, мг на капсулу: каприл-каприновые триглицериды – 479; экстракт мумие – 35; экстракт чаги – 35; провитаминный хвойный концентрат – 25 (полипенолы – 5); экстракт элеутерококка, 1%-й – 10 (элеутерозиды В и Е – 0,1); экстракт лимонника, 2%-й – 5 (схизандрин – 0,1); молочко маточное – 5. Установлено, что совместное использование БАД и традиционной терапии обеспечивает активацию костного ремоделирования, оказывает положительное влияние на реабилитационный период, предупреждает трофические нарушения мягких тканей, позволяет снизить применение анальгетиков у больных с переломами длинных трубчатых костей. Выводы. 1. Применение биокомплекса в комплексном лечении переломов длинных трубчатых костей активизирует репаративный остеогенез и ускорение образования костной мозоли, обеспечивая, таким образом, улучшение коагуляционного гемостаза. 2. Использование БАД благоприятно влияет на течение реабилитационного периода на фоне снижения назначения анальгетиков.

Ключевые слова: БАД, переломы длинных трубчатых костей, костное ремоделирование, репаративный остеогенез, эффективность.

Одной из основных задач современной нутрициологии является изучение наиболее распространенных заболеваний с целью своевременной профилактики и комплексного лечения возможных осложнений [1]. Немаловажное значение в решении рассматриваемой проблемы имеет обеспечение населения полноценным питанием. Что касается алиментарных заболеваний, то наиболее эффективным и доступным путем коррекции обменных нарушений и сохранения здоровья является разработка специализированных продуктов, в том числе БАД, с направленными функциональными свойствами [2, 3].

Переломы длинных трубчатых костей являются одной из самых распространенных по-

вреждений опорно-двигательного аппарата. В подростковой и средней возрастных группах они составляют около 65% и нередко могут быть причиной инвалидизации.

Решение проблемы перелома длинных трубчатых костей требует понимания механизмов патофизиологических нарушений в зоне перелома, гемостазиологических изменений микроциркуляторного русла, процессов остеорепаляции. Особенности возрастной анатомии не только обуславливают ряд повреждений, свойственных только подростковому или зрелому возрасту, но и предъявляют индивидуальные требования к проведению оперативных и консервативных методов терапии. Это же

касается длительности реабилитации и сроков иммобилизации [5–7].

Цель исследования – дать оценку эффективности нового биологически активного комплекса при репарации костной ткани.

Материалы и методы

В программу исследования входили 35 больных – 21 мужского и 14 женского пола возрастных групп 15–20 и 21–40 лет. При поступлении в клинику пациенты характеризовались следующими симптомами поврежденной конечности: отек мягких тканей; болевые ощущения в области перелома; отсутствие или ограничение движений; деформация. Проводилось рентгенологическое обследование (в двух проекциях), а также действие, направленное на обезболивание и купирование болевого синдрома (локальное обкалывание в месте перелома 1%-м раствором новокаина в объеме 20–40 см³). С помощью скелетного вытяжения, выполняемого боковыми тягами, осуществлялось фиксирование костных отломков и ручная, закрытая репозиция.

Все пациенты были разделены на 2 группы: контрольную – 19, получавших лечение по классической методике, и основную – 16, в базовый рацион которых дополнительно включали биологически активный комплекс в форме БАД 3 раза в день по одной капсуле во время еды, в течение одного месяца.

Необходимо отметить, что имеются недостатки в лечении больных по классической методике, в частности, длительное нахождение пациента в стационаре при ограниченной двигательной активности, наличие воспалительных реакций дыхательной системы, трофических осложнений мягких тканей и торможения консолидации. В этих условиях становится необходимым использование анальгетиков, поскольку возникают значимые болевые ощущения. Восстановительный период затягивается по причине нарушений мышечной системы и функции суставов в условиях длительного нахождения конечности без нагрузки. Поэтому одним из маркеров эффективности диетотерапии при помощи БАД явилось количество койко-дней, проведенных в стационаре.

Применялись классические и специальные методы исследования [4].

С целью разработки монотерапевтического патогенетически обоснованного лечения больных с переломами длинных трубчатых ко-

стей изучены биохимические маркеры остеогенеза с использованием лабораторных методов. В дизайне исследования проводилось изучение динамики ОАК, однако в ходе клинического анализа сделан вывод, что у больных с данной нозологией такие испытания неинформативны и не претерпевают статистически значимых различий. В этой связи исследования ОАК заменены на показатели коагуляционного гемостаза – реологических свойств крови и микроциркуляции, что представляется более объективной информацией при костной патологии.

Лабораторные исследования (биохимическое исследование сыворотки крови и исследование реологических свойств крови) проводили с момента поступления больного в приемное отделение больницы натошак, на следующий день, 14 и 30-е сутки пребывания в стационаре. Испытания проводили за 30 минут до завтрака.

Биохимические испытания включали определение неорганического фосфора, ионизированного кальция, ЩФ и ОК в сыворотке крови.

Для оценки состояния коагуляционного гемостаза регистрировали концентрацию в плазме крови ФГ, АПТВ и ПВ.

Инструментальные исследования проводились с момента поступления больного в больницу.

Рентгенологический анализ осуществляли при поступлении больных в клинику в горизонтальном положении, рентгенографию – при спокойном дыхании в переднезадней и боковой проекциях после проведения закрытой ручной репозиции и монтажа скелетного вытяжения. Последующие испытания проводились на 3-и, 14-е и 21-е сутки госпитализации или дополнительно, в зависимости от тяжести перелома и течения травматической болезни.

Исследования выполнены на базе кафедры детских хирургических болезней Сибирского государственного медицинского университета (г. Томск) под руководством зав. кафедрой, главного детского хирурга Томской области, доктора медицинских наук, профессора Г.В. Слизовского.

Результаты и исследований

Научно обоснован рецептурный состав БАД, включающий следующие компоненты, мг/1 капсулу: каприл-каприновые триглицериды – 479; экстракт мумие – 35; экстракт чаги – 35; провитаминный хвойный концентрат – 25 (полипrenoлы – 5); экстракт элеутеро-



кокка, 1%-й – 10 (элеутерозиды В и Е – 0,1); экстракт лимонника, 2%-й – 5 (схизандрин – 0,1); молочко маточное – 5. Их действующие начала обладают синергическим влиянием на стимуляцию регенеративных процессов костной ткани, оптимизацию микроциркуляции в области перелома и в целом обеспечение условий для нормализации остеогенеза.

В проведенных ранее исследованиях с участием здоровых доноров показано, что активность ЩФ, концентрация неорганического фосфора и ионизированного кальция находились соответственно в группе 15–20 лет на уровне 105,7 Ед/л, 1,18 ммоль/л, 1,16 ммоль/л, у доноров 21–40 лет – 102 Ед/л, 22 ммоль/л и 1,09 ммоль/л. У испытуемых 15–20 и 21–40 лет с переломами длинных трубчатых костей активность ЩФ увеличивалась в 2 раза относительно данных кон-

троля ($P_1 < 0,05$) (табл. 1). Из представленных материалов следует, что активность ЩФ у всех обследуемых больных оставалась высокой по сравнению с группой контроля и не зависела от метода терапии ($P_1 < 0,05$).

Уровень неорганического фосфора у пациентов 15–20 лет с переломами длинных трубчатых (до лечения) был выше относительно контроля практически в 1,5 раза и в 1,3 раза – у больных 21–40 лет ($P_1 < 0,05$). Показано, что во 2-й группе с возрастом 21–40 лет количество неорганического фосфора было ниже, чем у больных 15–20 лет ($P_3 < 0,05$). Содержание неорганического фосфора на 14-е сутки лечения во всех группах обследованных оставалось выше, чем в группе контроля ($P_1 < 0,05$). При этом у пациентов 15–20 лет отмечалось достоверное снижение его уровня по сравнению

Таблица 1 – Биохимическая характеристика крови у испытуемых пациентов при комплексном лечении переломов длинных трубчатых костей ($X \pm m$)

Показатели	Сроки обследования до и после терапии	Больные			
		Основная группа		Контроль	
		15–20 лет ($n = 11$)	21–40 лет ($n = 5$)	15–20 лет ($n = 14$)	21–40 лет ($n = 5$)
ЩФ, Ед/л	До	241,4±13,72 $P_1 < 0,05$	234,2±10,23 $P_1 < 0,05$	217,7±10,11 $P_1 < 0,05$	237,8±11,20 $P_1 < 0,05$
	На 14-й день	220,8±13,61 $P_1 < 0,05$	204,2±11,13 $P_1 < 0,05$	208,8±19,61 $P_1 < 0,05$	205,5±10,72 $P_1 < 0,05$
	На 30-й день	131,14±14,19 $P_1 < 0,05$ $P_4 < 0,05$ $P_5 < 0,05$	140,7±7,11 $P_1 < 0,05$ $P_4 < 0,05$ $P_5 < 0,05$	129,8±8,54 $P_1 < 0,05$ $P_4 < 0,05$ $P_5 < 0,05$	130,7±11,18 $P_1 < 0,05$ $P_4 < 0,05$ $P_5 < 0,05$
Ca ²⁺ , ммоль/л	До	1,26±0,08	1,20±0,07	1,31±0,13	1,12±0,02
	На 14-й день	1,14±0,04	1,32±0,12	1,08±0,06	1,20±0,11
	На 30-й день	1,06±0,02	1,08±0,07	1,18±0,01	1,06±0,10
P, ммоль/л	До	1,82±0,07 $P_1 < 0,05$	1,56±0,07 $P_1 < 0,05$	2,03±0,08 $P_1 < 0,05$	1,56±0,07 $P_1 < 0,05$ $P_3 < 0,05$
	На 14-й день	1,55±0,03 $P_1 < 0,05$ $P_4 < 0,05$	1,83±0,13 $P_1 < 0,05$	1,82±0,04 $P_1 < 0,05$ $P_2 < 0,05$ $P_4 < 0,05$	1,60±0,06 $P_1 < 0,05$
	На 30-й день	1,31±0,03 $P_1 < 0,05$ $P_4 < 0,05$	1,46±0,09 $P_1 < 0,05$ $P_4 < 0,05$	1,40±0,02 $P_1 < 0,05$ $P_4 < 0,05$ $P_5 < 0,05$	1,41±0,07 $P_1 < 0,05$ $P_4 < 0,05$

Примечание: P – фосфор неорганический; Ca²⁺ – кальций ионизированный; Ок – остеокальцин; ЩФ – щелочная фосфатаза; P₁ – степень достоверности при сравнении со здоровыми лицами; P₂ – при использовании БАД и базовой терапии; P₃ – у больных 15–20 и 21–40 лет.

с периодом до начала лечения ($P_4 < 0,05$). В результате исследования установлено, что в группе 15–20 лет, с применением стандартного метода лечения, на 30 сутки количество неорганического фосфора было выше в 1,2 раза по сравнению с группой 21–40 лет, принимавших БАД ($P_2 < 0,05$) (табл. 1). Уровень ионизированного кальция у пациентов обеих групп до проведения терапии, на 14-е и 30-е сутки после лечения, не претерпевал существенных изменений по сравнению с контролем ($P_1 > 0,05$) (табл. 1).

Средние значения содержания ОК в сыворотке крови у здоровых доноров 15–20 лет составили 83,95 нг/мл, 21–40 лет – 104,02 нг/мл соответственно. Содержание ОК у больных 15–20 и 21–40 лет 2 группы до лечения оказалось существенно ниже нормы. Наряду с этим, у больных 21–40 лет во 2-й группе концентрация ОК была выше, чем у больных 15–20 лет ($P_3 < 0,05$) (табл. 2).

Содержание ОК у пациентов 15–20 лет с использованием базового метода лечения в период проведения монотерапии оказалось достоверно более низким, чем у больных 15–20 лет 1 группы до лечения ($P_2 < 0,05$) (табл. 2).

Отмечено снижение уровня ОК в сыворотке крови пациентов 15–20 и 21–40 лет при использовании базового метода терапии в 1,4 раза по отношению к контрольной группе ($P_1 < 0,05$).

У больных с назначением БАД этот показатель находился на уровне контроля. На 14-й день стандартной терапии концентрация ОК у больных всех групп была ниже при сравнении с соответствующим возрастом 1-й группы ($P_2 < 0,05$). У пациентов 15–20 лет с применением препарата содержание ОК находилось на более низком уровне, чем до лечения ($P_4 < 0,05$).

У больных при переломах длинных трубчатых костей во всех группах установлено значительное снижение испытываемых показателей по сравнению с предыдущим испытанием (содержание ОК, неорганического фосфора, активность ЩФ), что сопровождалось нормализацией концентрации неорганического фосфора в сыворотке крови у больных 15–20 лет 1 группы, принимавших БАД. У пациентов других групп величина данного показателя оставалась выше, чем в норме. Повышенной, сравнительно с уровнем контроля у больных 15–20 и 21–40 лет 1 и 2 группы, сохранялась активность ЩФ крови.

Концентрация ОК у больных 2 группы была снижена, у пациентов всех возрастных групп после использования БАД она также характеризовалась более низкими показателями при сравнении с донорами (табл. 2).

С целью характеристики состояния коагуляционного обмена веществ изучена концентрация ФГ, АПТВ и ПВ.

Таблица 2 – Концентрация в крови остеокальцина у испытуемых пациентов при комплексном лечении переломов длинных трубчатых костей ($X \pm m$)

Остеокальцин, нг/мл	Больные			
	Основная группа		Контроль	
	15–20 лет ($n = 11$)	21–40 лет ($n = 5$)	15–20 лет ($n = 14$)	21–40 лет ($n = 5$)
До лечения	83,89±5,56	93,08±12,40	68,12±3,42 $P_1 < 0,05$, $P_4 < 0,05$	83,44±4,04 $P_1 < 0,05$, $P_2 < 0,05$, $P_3 < 0,05$
На 14-й день лечения	72,40±2,46 $P_4 < 0,05$	91,91±13,10 $P_3 < 0,05$	57,94±4,04 $P_1 < 0,05$, $P_2 < 0,05$, $P_4 < 0,05$	72,89±3,45 $P_1 < 0,05$, $P_2 < 0,05$, $P_3 < 0,05$
На 30-й день лечения	65,32±2,09 $P_1 < 0,05$, $P_4 < 0,05$	69,11±4,23 $P_1 < 0,05$, $P_4 < 0,05$	59,65±2,92 $P < 0,05$, $P_4 < 0,05$	59,92±2,31 $P_1 < 0,05$, $P_4 < 0,05$

Примечание: P_1 – статистическая достоверность по сравнению со здоровыми лицами; P_2 – пациенты с переломами 1-й и 2-й группы аналогичного возраста; P_3 – группы больных 15–20 и 21–40 лет; P_4 – при сравнении с показателями пациентов с переломами соответствующего возраста и группы обследуемых до лечения.



В группах пациентов 15–20 и 21–40 лет установлено удлинение АПТВ до лечения при сравнении с донорами ($P_1 < 0,05$). У испытуемых 15–20 и 21–40 лет при назначении биокомплекса происходило удлинение АПТВ в 1,2 раза, у обследуемых 15–20 и 21–40 лет при базовом методе терапии – соответственно в 1 и 1,2 раза. Отмечено увеличение ПВ в испытуемых группах при сравнении с контролем ($P_1 < 0,05$), удлинение ПВ во всех группах возрастало в 1,4 раза (табл. 3).

Каких-либо изменений в содержании ФГ у обследованных больных, до и после окончания терапии, не выявлено ($P_1 < 0,05$).

На 14-е сутки после перелома в группе больных 15–20 и 21–40 лет с применением стандартного метода лечения, ПВ, несмотря на некоторое его сокращение, сохранялось удлиненным. У пациентов 1 группы в обеих возрастных группах оно полностью нормализовалось

($P_1 < 0,05$). У обследованных 1 и 2 групп отмечалось восстановление до нормы величины АПТВ ($P_1 < 0,05$) (табл. 3).

Из представленных данных следует, что у больных 15–20 и 21–40 лет с применением стандартного метода лечения отмечалось укорочение АПТВ относительно данных здоровых доноров ($P_1 < 0,05$), как и у больных с назначением биологически активного комплекса ($P_3 < 0,05$). При этом ПВ у пациентов обеих групп соответствовало контрольному уровню.

На 30-й день лечения АПТВ и ПВ у испытуемых 15–20 и 21–40 лет 2-й группы и аналогичного возраста 1-й группы были достоверно сниженными относительно таковых до ($P_4 < 0,05$) и на 14-й день ($P_5 < 0,05$) лечения (табл. 3).

Клинически при переломах, у больных с применением БАД в первые дни после поступления наблюдалось снижение интенсивности боли и соответственно негативного отношения

Таблица 3 – Характеристика коагуляционного гемостаза у испытуемых пациентов при комплексном лечении переломов длинных трубчатых костей ($X \pm m$)

Показатель	Сроки обследования до и после терапии	Больные			
		Основная группа		Контроль	
		15–20 лет ($n = 11$)	21–40 лет ($n = 5$)	15–20 лет ($n = 14$)	21–40 лет ($n = 5$)
ПВ, с	До	21,5±0,77 $P_1 < 0,05$	21,3±0,82 $P_1 < 0,05$	21,9±0,74 $P_1 < 0,05$	22,1±0,82 $P_1 < 0,05$
	На 14-й день	16,1±0,32 $P_4 < 0,05$	14,5±0,61 $P_4 < 0,05$	18,9±0,44 $P_1 < 0,05$, $P_2 < 0,05$, $P_4 < 0,05$	19,5±0,57 $P_1 < 0,05$, $P_2 < 0,05$, $P_4 < 0,05$
	На 30-й день	14,01±0,51 $P_4 < 0,05$, $P_5 < 0,05$	14,2±0,54 $P_4 < 0,05$	15,2±0,48 $P_4 < 0,05$, $P_5 < 0,05$	14,1±0,62 $P_4 < 0,05$, $P_5 < 0,05$
АПТВ, с	До	41,5±0,80 $P_1 < 0,05$	41,3±0,82 $P_1 < 0,05$	39,1±1,12 $P_1 < 0,05$	41,8±1,05 $P_1 < 0,05$
	На 14-й день	33,2±0,85 $P_4 < 0,05$	32,6±0,79 $P_4 < 0,05$	35,1±0,86 $P_4 < 0,05$	28,7±1,31 $P_4 < 0,05$
	На 30-й день	30,9±0,68 $P_4 < 0,05$, $P_5 < 0,05$	31,8±0,71 $P_4 < 0,05$, $P_5 < 0,05$	26,5±1,04 $P_1 < 10,05$, $P_4 < 0,05$, $P_5 < 0,05$	24,3±1,32 $P_1 < 10,05$, $P_4 < 0,05$, $P_5 < 0,05$
ФГ, г/л	До	2,91±0,53	3,54±0,55	3,11±0,84	3,42±0,77
	На 14-й день	2,25±0,28	3,01±0,63	2,77±0,53	2,70±0,51
	На 30-й день	2,43±0,65	2,94±0,51	2,58±0,40	2,63±0,68

Примечание: P_5 – степень достоверности испытуемых на 14-й день лечения; ФГ – фибриноген; ПВ – протромбиновое время; АПТВ – парциальное активированное тромбопластиновое время.

к приему препарата. Снижение болевой интенсивности позволяло уменьшить необходимость применения анальгетиков у трети пациентов. Проведение лечения с биокомплексом в остром периоде способствовало снижению объема посттравматического отека мягких тканей за счет действия компонентов БАД в отношении улучшения микроциркуляции. При назначении препарата побочных эффектов не отмечалось. Изучение близлежащих суставов по показателю объема движений свидетельствовало о снижении сроков реабилитации у пациентов основной группы в 1,5 раза в условиях постмобилизационных контрактур. Это характеризовалось повышением в суставе поврежденной конечности объема движений в более короткие сроки при сравнении с контролем.

Для оценки интенсивности костного ремоделирования проводились лабораторные исследования – определение неорганического фосфора, ионизированного кальция, ЩФ и ОК в сыворотке крови. Дана характеристика состояния коагуляционного обмена веществ путем изучения ФГ, ПВ и АПТВ. Проведены инструментальные рентгенологические исследования.

Наиболее информативным маркером процесса костного ремоделирования является ОК. Его концентрация у 2-й группы 15–20 и 21–40 лет до проведения терапии была значительно ниже нормативной величины. У пациентов 15–20 лет при базовом методе терапии концентрация ОК в период до проведения терапии находилась на достоверно низком уровне. В группе пациентов 15–20 и 21–40 лет, получающих биокомплекс, содержание ОК находилось в пределах нормальных значений.

У испытуемых 15–20 и 21–40 лет при базовом методе терапии количество ОК к 14-му дню еще более снижалось при сравнении с нормативной величиной и пациентами 1-й группы на 14-й день после начала приема биокомплекса. Можно предположить, что в результате приема БАД в качестве диетотерапии стабильная концентрация ОК в крови приводит к нормализации репаративного остеогенеза и ускоряет образование костной мозоли (табл. 2).

Патология опорно-двигательной системы может привести к серьезным изменениям обмена веществ. В первый день у пациентов с переломами длинных трубчатых костей зарегистрировано повышение ПВ и АПТВ при

сравнении с донорами, что является признаком возникающей гипокоагуляции.

Отмечена нормализация АПТВ и ПВ и у пациентов 1 группы 15–20 и 21–40 лет к 14-м суткам. У больных с использованием базового метода терапии установлено увеличение ПВ при одновременной нормализации АПТВ к 14-м суткам, то есть регистрировались разнонаправленные сдвиги коагуляционных тестов. В отличие от этого установлены нормальные величины ПВ, АПТВ к 30-м суткам терапии в условиях снижения АПТВ. Показатель укорочения АПТВ характеризует процесс преобладания гиперкоагуляции крови. Это может быть связано с нарушениями компенсаторных механизмов в регуляции агрегатного состояния крови под воздействием травматических факторов опорно-двигательной системы (табл. 3).

У испытуемых пациентов с дополнительным назначением БАД отмечена нормализация коагуляционного обмена веществ к 14-му дню. Эти данные свидетельствуют об эффективности биокомплекса в коррекции нарушений коагуляционного гемостаза и создают необходимые условия для образования костной мозоли.

Диетотерапия с использованием БАД приводит к стабилизации содержания Ок и является подтверждением вышеуказанной активации образования костной мозоли и предшествующего репаративного остеогенеза. Все эти процессы направлены на ускорение регенерации костной ткани и создание благоприятных условий для соответствующей консолидации в зоне нарушений.

Использование БАД позволяет снизить применение анальгетиков, предупредить трофические нарушения мягких тканей, исключить развитие посттравматического отека. Диетотерапия не только обеспечивает активацию процессов костного ремоделирования, но и благоприятно влияет на течение реабилитационного периода у больных с переломами длинных трубчатых костей.

Выводы

У больных с переломами длинных трубчатых костей имеет место удлинение протромбинового и активированного парциального тромбoplastинового времени относительно группы здоровых доноров, что является свидетельством развивающейся гипокоагуляции и требует коррекции изменений в системе гемостаза.



Испытуемые пациенты, получавшие комплексное лечение с использованием БАД, характеризовались нормализацией коагуляционного обмена веществ к 14-му дню, что позволяет профилировать возможные нарушения и создает необходимые условия для ускорения образования костной мозоли.

Включение в рацион БАД позволяет не только активировать процессы костного ремоделирования, но и благоприятно влиять на течение реабилитационного периода у больных с переломами длинных трубчатых костей.

В результате лечения переломов длинных трубчатых костей с применением биокомплекса выявлен стабильный уровень концентрации ОК. Это подтверждает активацию процесса репаративного остеогенеза и образования костной мозоли, что в целом наряду с нормализацией коагуляционного гемостаза обеспечивает необходимый уровень регенерации костной ткани и, как следствие, адекватной консолидации в зоне установленных нарушений.

Список литературы

1. Позняковский В. М. Эволюция питания и формирования нутриома современного человека // Индустрия питания. 2017. № 3. С. 5–12.
2. Герасименко Н. Ф., Позняковский В. М., Челнакова Н. Г. Здоровое питание и его роль в обеспечении качества жизни // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленно-

сти АПК – продукты здорового питания. 2016. № 4 (12). С. 52–57.

3. Позняковский В. М., Чугунова О. В., Тамова М. Ю. Пищевые ингредиенты и биологически активные добавки. М. : ИНФРА-М, 2017. 143 с.

4. Технический регламент ТС 027/2012 «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического, лечебного и диетического профилактического питания»: утв. решением Совета Евразийской экономической комиссии от 5 июня 2012 г. № 34. 26 с.

5. Nutritional Aspects of Bone Health and Fracture Healing / A. Karpouzou [et al.] // J Osteoporos. 2017;2017:4218472. Doi: 10.1155/2017/4218472. Epub 2017. Dec 31. PubMed PMID: 29464131; PubMed Central PMCID: PMC5804294.

6. Dietary Approaches for Bone Health: Lessons from the Framingham Osteoporosis Study / S. Sahni [et al.] // Curr Osteoporos Rep. 2015. Aug. № 13 (4). P. 245–55. Doi: 10.1007/s11914-015-0272-1. PubMed PMID: 26045228; PubMed Central PMCID: PMC4928581.

7. Adherence to a Mediterranean Diet and Bone Mineral Density in Spanish Premenopausal Women / J. Pérez-Rey [et al.] // Nutrients. 2019. Mar. 5. № 11 (3). P. 555. Doi: 10.3390/nu11030555. PubMed PMID: 30841631; PubMed Central PMCID: PMC6470744.

Вековцев Андрей Алексеевич, канд. мед. наук, доцент базовой кафедры «Пищевая индустрия и функциональное питание», Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия; заместитель генерального директора по науке и инновациям, НПО «АртЛайф».

E-mail: andrey@artlife.ru.

Шамова Мария Михайловна, канд. техн. наук, докторант базовой кафедры «Пищевая индустрия и функциональное питание», Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия; доцент кафедры «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции», Томский сельскохозяйственный институт, филиал ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ; начальник производства пищевой продукции, НПО «АртЛайф».

E-mail: masha@artlife.ru.

Позняковский Валерий Михайлович, д-р биол. наук, профессор, руководитель научно-образовательного центра «Переработка сельскохозяйственного сырья и пищевые технологии», заведующий кафедрой «Пищевая индустрия и функциональное питание», Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия.

E-mail: pvm1947@bk.ru.

* * *

УДК 633.854.54:664

LINUM USITATISSIMUM В ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ГЕРОДИЕТИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ

Н. Ю. Рубан, И. Ю. Резниченко

В статье рассматриваются теоретические и практические аспекты применения семени льна (*linum usitatissimum*) и продуктов его переработки в производстве пищевых продуктов. Семена льна являются доступным, недорогим, биологически и технологически ценным сырьем и рассматриваются диетологами как ценный источник белка (19–30%), пищевого масла, растворимых и нерастворимых пищевых волокон (12–28%), лигнанов, слизи (5–12%). В настоящее время большое внимание уделено внедрению в производство геродиетических продуктов питания с повышенной пищевой ценностью, пониженной калорийностью, специализированной направленности. В обзоре охарактеризован химический состав и биологическая ценность семян льна. Дано описание потенциала применения в технологиях пищевых продуктов, приведена информация по практическим разработкам. Сделаны выводы о целесообразности расширения ассортимента продуктов здорового питания за счет использования семян льна при разработке геродиетических продуктов питания, отвечающих современным требованиям сбалансированного питания.

Ключевые слова: семена льна, биологическая ценность, применение в технологиях пищевых продуктов.

Активное долголетие в России – один из приоритетных проектов для правительства. Федеральные проект «Старшее поколение» должен помочь обеспечить пожилым гражданам благополучие и улучшение качества жизни. Важную роль в этом играет долговременный уход, а также включение людей старшего возраста в спорт и обучение новым навыкам. Целевой группой концепции станет население 55 лет и старше [1].

В проекте заложены три приоритетные задачи: здоровье в старшем возрасте, достойная жизнь в старшем возрасте и активное участие в жизни общества. Ни одна из задач не сможет быть решена в полной мере без правильной ди-

еты, т.к. сбалансированный рацион и здоровый образ жизни неразрывно связаны друг с другом. Выведение на потребительский рынок продуктов, способных гармонично дополнять рационы питания людей пожилого возраста с учетом возрастных изменений, является актуальным и современным направлением (Феликс и др., 2019; Григоров, 2018; Ханова и др., 2016; Дзахмишева, 2014, Галкина и др., 2009; Рубан и др., 2019, 2018) [2–9]. Рацион должен быть сбалансированным по основным пищевым веществам, макро- и микронутриентам, соответствовать энергетической ценности согласно возрастной категории. В настоящее время в пищевых технологиях, особенно производства геродиетиче-



ских изделий, все активнее используют семена льна и продукты его переработки, в связи с чем обоснована цель исследований.

Цель данного исследования заключалась в анализе и систематизации научных данных по применению продуктов переработки семян льна в технологии геродиетических продуктов питания для дальнейшего рассмотрения возможности использования семян льна в молочных продуктах специализированной направленности.

Задачи исследования: изучение направлений употребления продуктов переработки льна в пищевой промышленности; систематизация данных по пищевой и биологической ценности семян льна для обоснования их применения в производстве молочных продуктов; характеристика основных направлений использования продуктов переработки льна в производстве пищевых продуктов.

В работе использовали методы систематизации, сравнения, анализа, обобщения научной информации.

Результаты и обсуждения

Многочисленными исследованиями показаны высокая биологическая ценность семян льна (*Linum usitatissimum L.*) и продуктов его переработки.

Основными продуктами переработки семян льна при отжиме являются масло льняное и жмых, при помоле – мука льняная и отруби (рис. 1).

Как правило, практически все продукты переработки используются на пищевые цели. Жмых применяют в производстве кормов для животных и для приготовления белковых изолятов и концентратов, масло применяется для изготовления пищевых и биологически активных добавок. Семена, мука и отруби используются в технологиях пищевых продуктов и биологически активных добавок (Федорова и др., 2017) [10].

Широкое применение продуктов переработки семян льна связано с их уникальной биологической ценностью. Ученые ФГБНУ «ВНИИЗ» в своих исследованиях, основываясь на концепции максимального использования фитохимического потенциала семени льна, создают технологии помола семян льна пищевого и масличного назначения, которые позволяют разделять зерновку на отдельные анатомические части в зависимости от их функциональных свойств и получать новые продукты переработки зерна, способствующие укреплению и поддержанию здоровья человека. Получены первые результаты создания различных видов



Рис. 1. Основные продукты переработки семян льна

льняной муки, содержащих определенные вещества, в том числе функционального назначения (Мелешкина, 2016) [11].

Сравнительный анализ по исследованию химического состава семян льна представлен в таблице 1.

Представленные данные свидетельствуют о высоком содержании белков и жиров, пищевых волокон. В связи с этим практический интерес семена льна для многих исследований представляют как источник белка. Аминокислотный состав белков семян льна, представленный в работах Ю. Сухенко, Е.П. Мелешкиной, В.А. Зацуб, содержит в действительности полный состав незаменимых аминокислот и близок к составу молока. Доля глобулинов находится в пределах 58–66%, альбуминов – 20–24%, глютелинов – 9%, проламинов – 0,6% [10, 12, 13]. Разнообразные по свойствам белковые вещества семян льна позволяют использовать их в разнообразных технологиях мясных и рыбных полуфабрикатов, комбинированных продуктов питания. Сибирским научно-исследовательским институтом переработки сельскохозяйственной продукции СФНЦА РАН предлагается переработка семян льна в пастообразный полуфабрикат, обладающий комплексом технологических показателей: гомогенность, седиментационная устойчивость и подходящий для применения в качестве сырья для создания комбинированных продуктов питания с гармоничным сочетанием компонентов (Мазалевский и др., 2019).

Привлекательный состав липидов семян льна позволяет применять семена в технологиях функциональных и специализированных пищевых продуктов. Хроматографическими методами установлено, что липиды льняного масла содержат триглицериды (92,25%), сво-

бодные жирные кислоты (3,3%), стерины (1,15%), эфиры стерина (0,15%), фосфолипиды (1,16%). Триглицериды жирных кислот льняного масла содержат 6,8–7,4% пальмитиновой, 4,0–5,7% стеариновой, 14,4–32,1% олеиновой, 13,9–18,6% линолевой и 48,6–55,9% линоленовой и изолиноленовой кислоты (Куцик, 2015) [15]. В семенах льна также содержатся линоцинамарин (гликозид метилового эфира о-гидроксамовой кислоты) и линатин – высокомолекулярные соединения, являющиеся в фармакологическом аспекте антагонистами витамина В₆. Эти соединения гидролизуются до линокофеина, фенолкарбонного соединения с суммарной формулой C₁₆H₂₀O₉. Кроме того, в семенах льна выявлен метиловый эфир β-окси-β-метилглутаровой кислоты, а в оболочке семян – линоцинамарин [15].

Семена льна богаты минеральными веществами и витаминами. Из витаминов содержится аскорбиновая кислота, тиамин, рибофлавин, ниацин, пиридоксин, пантотеновая кислота. Из минеральных веществ – кальций, железо, магний, фосфор, калий [13].

В связи с тем, что в пожилом возрасте возникает риск дефицита по минеральным веществам и витаминам, недостаточность поступления которых вызывает различные патологии, семена льна привлекательно для использования в продуктах, изначально обладающих высокой энергетической и низкой пищевой ценностью и являющихся продуктами ежедневного рациона. Разработаны рецептуры хлеба с внесением в состав измельченных семян льна, установлены оптимальные технологические режимы, определены показатели качества (Османьян, 2009; Василев, 2015; Цыганова и др., 2019; Конева, 2016) [16, 17, 18, 19]. Учитывая значение питания в развитии

Таблица 1 – Химический состав семян льна

Показатели	Массовая доля, %		
Белки	19,5 ⁽¹⁰⁾	30,65 ⁽¹²⁾	21,0 ⁽¹³⁾
Жиры	35,1 ⁽¹⁰⁾	36,55 ⁽¹⁰⁾	41,0 ⁽¹¹⁾
Углеводы, всего	25,2 ⁽¹⁰⁾	12,2 ⁽¹⁰⁾	12–26 ⁽¹¹⁾
В том числе крахмал	1,8 ⁽¹⁰⁾		
Пектиновые вещества	6,0 ⁽⁸⁾		
Сахара	4,9 ⁽⁸⁾	4,43 ⁽¹⁰⁾	6,0 ⁽¹¹⁾
Пищевые волокна	12,5 ⁽⁸⁾	13,3 ⁽¹⁰⁾	28,0 ⁽¹¹⁾
Зола	3,6 ⁽⁸⁾	4,18 ⁽¹⁰⁾	4,0 ⁽¹¹⁾
Влажность	16,0 ⁽⁸⁾	9,2 ⁽¹⁰⁾	7,0 ⁽¹¹⁾



хронических заболеваний, рекомендации ВОЗ и врачей, особое значение имеют производство и повышение потребления продуктов растительного происхождения как источника прежде всего пищевых волокон. Одним из перспективных источников хорошо растворимых полисахаридов являются семена льна.

Однако льняное семя наряду с ценными биологически активными веществами содержит соединения, которые могут влиять на процессы усвоения пищевых продуктов и образование нежелательных веществ. К таким соединениям относятся цианогенные гликозиды, линатин, фитиновая кислота, ингибиторы трипсина, некоторые продукты окисления липидов. В связи с чем сформулированы рекомендации по безопасному использованию семян льна и продуктов их переработки в производстве хлеба, хлебобулочных и мучных кондитерских изделий: соблюдение оптимального режима хранения льняного сырья (температура ниже 20 °С, влажность семян не более 16%); использование не более 50 г сырых семян льна в сутки; выпечка хлебобулочных и мучных кондитерских изделий при температуре не менее 170 °С, оптимальное содержание льняной муки не более 15% относительно доли пшеничной муки. Для контроля безопасности семян льна и продуктов их переработки желательно определять кислотное число и содержание синильной кислоты по качественной пробе [20]. Семена льна нежелательно употреблять в случаях желчекаменной болезни, обострении хронических заболеваний внутренних органов и систем, панкреатита. Данные рекомендации необходимо учитывать и в технологиях других пищевых продуктов.

Выводы

Семя льна и продукты его переработки нашли широкое практическое применение в технологиях хлебобулочных, мясных, рыбных геродиетических пищевых продуктов благодаря уникальному составу и биологической ценности. Семена льна обладают доказанными лечебно-профилактическими свойствами, что позволяет разрабатывать ассортимент специализированных продуктов для здорового питания. Таким образом, считаем целесообразным проведение дальнейших исследований по разработке молочных продуктов с применением в качестве ингредиента измельченных семян льна, придающих специализированную направленность продукту.

Список литературы

1. Вечная молодость: как Россия переходит на активное долголетие. Режим доступа : <https://www.gazeta.ru/business/2019/09/13/12647245.shtml>.
2. Феликс С. В., Антипова Т. А., Симоненко С. В. Перспективы разработки продуктов геродиетического питания // Аграрно-промышленные инновации. 2019. № 1 (5). С. 84–89.
3. Продукты геродиетического питания. Перспективы исследования / С. В. Феликс, Т. А. Антипова, С. В. Симоненко, Е. В. Сидорова // Пищевая промышленность. 2019. № 4. С. 111–113.
4. Григоров К. С. К вопросу разработки геродиетических молочных продуктов // Инновационное развитие. 2018. № 7 (24). С. 9–11.
5. Новые геродиетические продукты для здорового питания / И. В. Ханова [и др.] // Пищевая промышленность. 2016. № 8. С. 13–16.
6. Дзахмишева З. А., Джахмишева И. Ш. Функциональные пищевые продукты геродиетического назначения // Фундаментальные исследования. 2014. № 9. С. 2048–2051.
7. Функциональные продукты геродиетического питания с использованием комплексных пищевых добавок / Г. В. Галкина, В. И. Илларионова, Е. В. Куксова, Г. С. Волкова // Пищевая промышленность. 2009. № 3. С. 48–49.
8. Ruban N. Y., Reznichenko I. Yu., Ustinova Yu. V. Analysis of consumer preferences of the residents of Kemerovo towards sports food products // Сборнике: IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. V. 315. P. 022–025. Doi:10.1088/1755-1315/315/2/022025.
9. Рубан Н. Ю., Резниченко И. Ю. Изучение потребительских предпочтений лиц пожилого и старческого возраста в отношении молочной продукции // Индустрия питания / FoodIndustry. 2018. V. 3. № 2. С. 44–48. Doi: 10.29141/2500-1922-2018-6-1-2.
10. Федорова Т. Ц., Забалуева Ю. Ю., Хамаганова И. В. Семена масличного льна – источник белка при производстве рыбных полуфабрикатов // Ползуновский вестник. 2017. № 2. С. 28–32.
11. Мелешкина Е. П. Научный подход к переработке семян льна на основе использования их фитохимического потенциала с целью создания новых пищевых продуктов с заданными свойствами // Аграрный вестник Юго-Востока. 2016. № 1–2 (14–15). С. 68–71.

12. Сухенко Ю., Веретинская И. Пищевая и биологическая ценность семян льна // Продовольча индустрия АПК. 2013. № 3 (23). С. 26–28.

13. Зубцов В. А., Осипова Л. Л., Лебедева Т. И. Льняное семя, его состав и свойства // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д. И. Менделеева). 2002. Т. XLVI. № 2. С. 13–14.

14. Мазалевский В. Б., Мотовилов О. К. Исследование технологии полуфабриката из семян льна // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2019. № 1 (54). С. 17–22.

15. Куцик Р. В. Химический состав семян льна. Режим доступа : <https://www.gosflaxhemp.ru/fakti-i-cifri/o-lne/pererabotka.html/id/402>.

16. Османьян З. Г. Семена льна в технологии пищевых продуктов функционального назначения (использование в хлебопечении) // Пи-

щевая и перерабатывающая промышленность. 2009. № 1. С. 84.

17. Василев В. В., Вытовтов А. А., Нилова Л. П. Разработка хлебобулочных изделий специализированного назначения для питания спортсменов // Вопросы питания. 2015. Т. 84. № 5. С. 25.

18. Цыганова Т. Б., Миневиц И. Э., Осипова Л. Л. Полисахариды семян льна: практическое применение // Хранение и переработка сельхозсырья. 2019. № 2. С. 24–36.

19. Конева С. И. Особенности использования продуктов переработки семян льна при производстве хлебобулочных изделий // Ползуновский вестник. 2016. № 3. С. 35–37.

20. Цыганова Т. Б., Минвич И. Э., Зубцов В. А. К вопросу о безопасности семян льна и продуктов их переработки // Хлебопечение России. 2017. № 2. С. 23–26.

Рубан Наталья Юрьевна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Управление качеством», ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет».

E-mail: natali2603@mail.ru.

Резниченко Ирина Юрьевна, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Управление качеством», ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет».

E-mail: irina.reznichenko@gmail.com.

* * *



AGRONOMIC SCIENCES

Grain production efficiency factors in peasant farm enterprises of the Southern Trans-Urals

E. V. Abilova, V. N. Lomov

Grain production remains the leading industry of the agricultural production in the Southern Urals. The article provides the analysis of the development of grain production in peasant farm enterprises of Chelyabinsk region. Criteria of production efficiency being considered according to the system of natural indicators, the authors study the dynamics of the efficiency of grain production in the peasant (farmer) farms of the region for 2002-2017. The performance features of peasant farm enterprises during the period of modern agrarian reforms are presented, with the factors restraining the development of peasant farm enterprises being identified and measures to eliminate their negative impact being proposed.

Keywords: grain crops, peasant (farm) enterprises, productivity, efficiency factors.

References

1. Ushachev I. G. Prodoval'stvennaya bezopasnost' strany: problemy i resheniya // APK: ekonomika, upravlenie. 2010. № 10. S. 5–9.
2. Kushnirenko YU. D. Intensifikatsiya proizvodstva zerna: realii i perspektivy // Proizvodstvo zerna i kormov: agrotexnicheskie, ekonomicheskie i ekologicheskie aspekty : sb. nauch. tr. Miass : Geotur, 1999. S. 25–52.
3. Smirnova L. N., Abilova E. V. O konkurentnykh strategiyax razvitiya agrarnykh kooperativov // Nauchno-texnicheskoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa v realizatsii Gosudarstvennoy programmy razvitiya sel'skogo khozyajstva do 2020 goda : sb. st. po mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashh. 75-letiyu Kurganskoj GSXA im. T. S. Mal'ceva / pod obshh. red. S. F. Suxanovoj. 2019. S. 128–132.
4. Bragin V. N., YUmashev X. S. Agroekologicheskoe sostoyanie zonal'nykh pochv oblasti i puti povysheniya ee plodorodiya // Sovershenstvovanie sistemy zemledeliya na Srednem i YUzhnom Urale : sb. nauch. tr. CHelyabinsk, 2008. S. 67–72.
5. Informatsiya o sostoyanii agropromyshlennogo kompleksa i merax po obespecheniyu importozameshheniya v oblasti sel'skogo khozyajstva (podgotovlena Komitetom GD po agrarnym voprosam). Rezhim dostupa : <http://mcx.ru/documents/document/show/33347.htm>.
6. Eurostat. Farm structure survey 2013. Режим доступа : http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Farm_structure_survey_2013_-_main_results.
7. Khan M., Jo C., Tariq M. Meat flavor precursors and factors influencing flavor precursors // A systematic review. Meat Science. 2015. № 110. P. 278–284.
8. Altukhov V. V. Food security and import substitution are the main strategic objectives of modern agricultural policy // Regional economy. 2015. P. 256–266.
9. Lomov V. N., Abilova E. V. Rezervy rosta molochного zhivotnovodstva v CHelyabinskoy oblasti // Materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Povyshenie effektivnosti sel'skoxozyajstvennogo proizvodstva v stepnoy zone Urala». Orenburg, 2012. S. 322–326.
10. Moshkina S., Feofalova YU., Abramkova M. Puti povysheniya effektivnosti molochного skotovodstva // Glavnyy zootexnik. 2012. № 9. S. 27–29.

Abilova Ekaterina Viktorovna, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor, Chair of Management, Faculty of Management, Chelyabinsk State University.

E-mail: ekaterina.abilova@mail.ru.

Lomov Victor Nikolayevich, D. Sc. (Agriculture), Scientific Secretary, Chelyabinsk Research Institute of Agriculture.

E-mail: chniisx2@mail.ru.

Minimal and zero agricultural technologies applied in the climate of the Southern Trans-Urals

A. A. Ageev, Yu. B. Anisimov, E. L. Kalyuzhina

The article is devoted to the study of primary tillage systems in field crop rotations with various amounts of grain crops in the climate of the northern forest-steppes of the Southern Trans-Urals. The results of studies conducted at the laboratory of agrolandscape farming at Chelyabinsk Scientific Research Institute of Agricultural Sciences in 2013-2018 are presented. The studies were conducted on the basis of a stationary field experiment in 1976. The grain-crop rotation with the minimum tillage system turned out to be effective in terms of profitability was revealed to be the most productive one. The indicator amounted to 2.25 tons of grain units from 1 ha of arable land and 189% due to lower production costs per 1 ha of sown land.

Keywords: grain crops, tillage system, field crop rotation, soil moisture, soil density, soil biological activity, weed infestation, crop residues, yield, crop rotation productivity, profitability.

References

1. Teoreticheskie osnovy effektivnogo primeneniya sovremennykh resursosberegayushhix texnologiy vozdeleyvaniya zernovykh kul'tur / I. G. Pyxtin, A. V. Gostev, L. B. Nikitina, V. A. Plotnikov // Zemledelie. 2016. № 6. S. 16–19.
2. Orlova L. V. Organizacionno-ekonomicheskie osnovy i effektivnost' sberegayushhego zemledeliya. Samara : OOO «Elajt», 2009. 204 s.
3. Kiryushin V. I. Zadachi nauchno-innovacionnogo obespecheniya zemledeliya Rossii // Zemledelie. 2018. № 3. S. 3–8.
4. Vrazhnov A. V. Adaptivnaya intensivkaciya sistem zemledeliya na YUzhnom Urale : monografiya. CHelyabinsk : CHGAU, 2002. 272 s.
5. Rekomendacii po agrotexnologiyam vozdeleyvaniya sel'skoxozyajstvennykh kul'tur v CHelyabinskoy oblasti. CHelyabinsk : PrintWay, 2019. 75 s.
6. Kiryushin V. I. Agroekologicheskaya ocenka zemel', proektirovanie adaptivno-landshaftnykh sistem zemledeliya i agrotexnologij : metod. ruk-vo / pod red. akad. RASXN V. I. Kiryushina i A. L. Ivanova. M. : «Rosinformagrotex», 2005. 784 s.
7. Vadyunina A. F., Korchagina Z. A. Metody issledovaniy fizicheskix svojstv pochv i gruntov. M. : Agropromizdat, 1986. 416 s.
8. Dospexov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy. Izd. 5-e, dop. i pererab. M. : Agropromizdat, 1985. 351 s.
9. Milashhenko N. Z. Bor'ba s sornyakami na polyax Sibiri. Novosibirsk : Zapadno-Sibirskoe kn. izd-vo, 1978. 131 s.
10. Levin F. I. Kolichestvo rastitel'nykh ostatkov v posevax polevykh kul'tur i ego opredelenie po urozhayu osnovnoj produkcii // Agroximiya. 1977. № 8. S. 36–42.
11. Resursosberegayushhie sposoby obrabotki pochvy v adaptivno-landshaftnom zemledelii Zaural'ya / pod obshh. red. S. D. Gileva. Kurtamysh : GUP «Kurtamyshskaya tipografiya», 2010. 194 s.
12. Xolmov V. G., YUshkevich L. V. Intensifikaciya i resursosberezhenie v zemledelii lesostepi Zapadnoj Sibiri : monografiya. Omsk : Izd-vo FGOU VPO OmGAU, 2006. 369 s.
13. Kislov A. V. Biologizaciya zemledeliya i resursosberegayushhie texnologii v adaptivno-landshaftnykh sistemax stepnoj zony YUzhnogo Urala : monografiya. Orenburg : Izd. centr OGAU, 2012. 268 s.
14. Na puti k bespluzhnomu zemledeliyu / pod obshh. red. S. D. Gileva. Kurtamysh : GUP «Kurtamyshskaya tipografiya», 2015. 312 s.
15. Optimizaciya sistem obrabotki pochvy pri proizvodstve zerna vysokogo kachestva / A. A. Ageev, YU. B. Anisimov, A. V. Vrazhnov, E. L. Kalyuzhina // APK Rossii. 2017. T. 24. № 4. S. 929–936.

Ageev Anatoly Aleksandrovich, Cand. Sc. (Agriculture), Deputy Director for Research, Leading Researcher, Laboratory of Agrolandscape Agriculture, Chelyabinsk Research Institute of Agriculture.
E-mail: ageev.aa62@mail.ru.



Anisimov Yury Borisovich, Cand. Sc. (Agriculture), Head of Laboratory of Agrolandscape Agriculture, Chelyabinsk Scientific Research Institute of Agriculture.
E-mail: anisimov.1964@bk.ru.

Kalyuzhina Elena Leonidovna, Researcher, Laboratory of Agrolandscape Agriculture, Chelyabinsk Scientific Research Institute of Agriculture.
E-mail: chniish2@mail.ru.

Crop rotation and plant protection in dry farming

V. L. Astafiev

The article substantiates the feasibility for alternating different types of crops in crop rotations, presents ecological methods to control weeds, pests and diseases. The feasibility of using cover crops for crop-rotation is substantiated.

Keywords: grain-fallow monoculture, mechanical and zero tillage, ecological methods of plant protection, crop-rotation, cover crops.

References

1. Sulejmenov M. K. ZHlto-zelenaya revolyuciya v zemledelii Kanady. Almaty : OFPPI «Interpigal», 2008. 240 s.
2. Cavan G., Cussans J., Moss S. Managing the risks of herbicide resistance in wild oat // *Weed Sci.* 2001. № 49. P. 236–240.
3. Kuznecov A. I. Prirodnoe organicheskoe zemledelie. M. : ILKO, 2016. 39 s.
4. Pryanishnikov D. N. Sevooborot i ego znachenie v dele podnyatiya nashix urozhaev // *Izbrannye trudy.* M. : Nauka, 1976. S. 372–403.
5. Libman M., Moler CH., Stejver CH. Upravlenie sel'skoxozyajstvennymi sornyakami. Dnepropetrovsk : OOO «Proizvodstvenno-kommercheskaya firma «ART-PRESS», 2007. C. 107–108.
6. Anderson R. Novyj ekologicheskij podxod k bor'be s sornyakami // *Sbornik avtorskix statej.* Dnepropetrovsk : Agro-Soyuz, 2007. S. 20–37.
7. Wicks G. A., Crutchfield D. A., Burnside O. C. Influence of wheat (*Triticum aestivum*) straw mulch and metolachlor on corn (*Zea mays*) growth and yield // *Weed Science.* 1994. № 42. P. 141–147.
8. Anderson R. Sistemnyj podxod k bor'be s sornyakami s primeneniem texnologii No-till pri sevooborote na poluzasushlivyx pochvax // *Sbornik avtorskix statej.* Dnepropetrovsk : Agro-Soyuz, 2007. S. 64–81.
9. Anderson R. Posledovatel'nost' kul'tur i interval // *Sbornik statej po No-till.* S. Majskoe : Korporaciya «Agro-Soyuz», 2005. S. 88–93.

Astafiev Vladimir Leonidovich, D. Sc. (Engineering), Professor, Director, Scientific and Production Center for Agricultural Engineering.
E-mail: vladast01@mail.ru.

The results of monitoring fallow lands in the forest-steppe zone of the Southern Urals

V. S. Zybalov, N. S. Sergeev, M. V. Zapevalov

The results of monitoring fallow lands in the forest-steppe zone of Chelyabinsk region are presented. The content of heavy metals in the upper soil horizons as a result of anthropogenic impact is considered. The agrochemical analysis and agrophysical indicators of soils depending on the period of their staying

fallow, the soil crossover description are given; the processes of changing the species composition of plant communities on fallow lands over the years and as a result the accumulation of organic matter, the changes in soil structure and its density are studied. The possibility of cultivating such lands due to land fertility restoration depending on the period of their staying fallow and the ability to meet all the necessary agroecological requirements for the cultivation of crops is determined.

Keywords: fallow lands, fertility, degradation, structure, density, plant communities.

References

1. Kopchenov A. A., Zybalov V. S. Interrelation of rotating agricultural lands with output indicators // *Ecological Agriculture and Sustainable Development / South Ural State University*. 2019. C. 325–333.
2. Zybalov V. S., Denisov YU. N. Balans pitatel'nyx veshhestv v pochvax CHelyabinskoy oblasti // *Problemy agrarnogo sektora YUzhnogo Urala i puti ix resheniya : mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Instituta agroekologii. CHelyabinsk*, 2018. S. 59–67.
3. Stenyushkina R. I., Ivanova N. P. Poryadok okazaniya finansovoj podderzhki sel'skim tovaroproducitelyam svyazannym s вовлечением в оборот земель sel'skoxozyajstvennogo naznacheniya // *Idei molodyx uchenyx – agropromyshlennomu kompleksu: agroinzhinernye i sel'skoxozyajstvennyye nauki. CHelyabinsk : FGBOU VO YUzhno-Ural'skij GAU*, 2019. S. 172–179.
4. Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu tyazhelyx metallov v pochvax sel'skoxozyajstvennyx ugodij i produkcii rastenievodstva / sost. A. V. Kuznecov, A. P. Fesyun, S. G. Samoxvalov, E. P. Maxon'ko. M. : CINAO, 1992. 62 s.
5. GN 2.1.7.2041-06. Predel'no dopustimye koncentracii (PDK) ximicheskix veshhestv v pochve. M., 2006. 4 s.
6. Zybalov, V. S., Dobrovolskij I. P., Raximov R. S. Racional'noe ispol'zovanie zemel' sel'skoxozyajstvennogo naznacheniya CHelyabinskoy oblasti. CHelyabinsk : FGBOU VO YUzhno-Ural'skij GAU, 2016. 265 s.
7. Kozachenko A. P. Sostoyanie pochv i pochvennogo pokrova CHelyabinskoy oblasti po rezul'tatam monitoringa zemel' sel'skoxozyajstvennogo naznacheniya. CHelyabinsk, 1997. 267 s.
8. Zybalov V. S., Popkova M. A. Vliyanie tyazhelyx metallov na agroximicheskie pokazateli pochv YUzhnogo Urala // *Vestnik YUUrGU. Ser. : Ximiya*. 2018. T. 10. № 2. S. 33–40.
9. Zybalov V. S., Krupnova T. G. Analiz ximicheskogo sostava zemel' zapadnogo berega SHershnevskogo vodoxranilishha // *Vestnik YUUrGU. Ser. : Ximiya*. 2014. T. 6. № 3. S. 34–38.
10. Denisov YU. N. Ocenka sostoyaniya plodorodiya pochv CHelyabinskoy oblasti // *Agroximicheskij vestnik*. 2015. № 2. S. 2–5.
11. Agroximicheskoe sostoyanie pochv CHelyabinskoy oblasti. Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethnoe uchrezhdenie «Centr ximizacii i sel'skoxozyajstvennoj radiologii «CHelyabinskij», 2019.
12. Vasil'ev A. A., Zybalov V. S., Skryabin A. A. Programmirovaniye urozhajnosti kartofelya v lesostepi YUzhnogo Urala // *Permskij agrarnyj vestnik*. 2014. № 2 (6). S. 3–10.

Zybalov Vladimir Stepanovich, D. Sc. (Agriculture), Associate Professor, Professor of the Department “Tractors, Agricultural Machinery and Agriculture”, South Ural State Agrarian University.

E-mail: Zybalov74@mail.ru.

Sergeev Nikolay Stepanovich, D. Sc. (Engineering), Professor, Professor of the Department “Operation of Machine and Tractor Fleet, Technology and Mechanization of Livestock”, South Ural State Agrarian University.

E-mail: s.n.st@mail.ru.

Zapevalov Mikhail Veniaminovich, D. Sc. (Engineering), Associate Professor, Professor of the Department “Operation of Machine and Tractor Fleet, Technology and Mechanization of Livestock”, South Ural State Agrarian University.

E-mail: mv.zapevalov@mail.ru.



Comparing the methods of DNA isolation from vine leaves for sequencing

V. O. Mindiarova, D. S. Savenkova, Yu. O. Filippova, A. V. Milovanov, L. P. Troshin

The article provides an overview of DNA isolation methods for subsequent sequencing and genomic analysis. Two extraction methods are considered: the CTAB method and the isolation by a commercial kit from QIAGEN. Then, the sequencing for the grape genome area determining the anthocyanin coloring was performed with polymerase chain reaction. The chosen areas of Rieslin variety are revealed to be identical, and different methods did not affect the result.

Keywords: DNA isolation, CTAB method, commercial kit, sequencing, VvMybA1, anthocyanin, berries, wine, grapes, nucleic acids.

References

1. Abdel-Latif A., Osman G. Comparison of three genomic DNA extraction methods to obtain high DNA quality from maize. *Plant Methods*. 2017. Dec. № 13 (1). P. 1.
2. Allan A. C., Hellens R. P., Laing W. A. MYB transcription factors that colour our fruit. *Trends in plant science*. 2008. Mar. 1. № 13 (3). P. 99–102.
3. VvmybA1 genotype determines grape skin color / A. Azuma [et al.] // *VITIS-GEILWEILERHOF*. 2007. Jan. 1. № 46 (3). P. 154.
4. Color recovery in berries of grape (*Vitis vinifera* L.) ‘Benitaka’, a bud sport of ‘Italia’, is caused by a novel allele at the VvmybA1 locus / A. Azuma [et al.] // *Plant Science*. 2009. T. 176. № 4. C. 470–478.
5. Clydesdale F. M. Color as a factor in food choice // *Critical reviews in food science and nutrition*. 1993. Jan. 1. № 33 (1). P. 83–101.
6. Characterization of a grapevine R2R3-MYB transcription factor that regulates the phenylpropanoid pathway / L. Deluc [et al.] // *Plant physiology*. 2006. Feb. 1. № 140 (2). P. 499–511.
7. MYB transcription factors in *Arabidopsis* / C. Dubos [et al.] // *Trends in plant science*. 2010. Oct. 1. № 15 (10). P. 573–581.
8. Regulation of the anthocyanin biosynthetic pathway by the TTG1/bHLH/Myb transcriptional complex in *Arabidopsis* seedlings / A. Gonzalez, M. Zhao, J. M. Leavitt, A. M. Lloyd // *The Plant Journal*. 2008. Mar. № 53 (5). P. 814–827.
9. Jaakola L. New insights into the regulation of anthocyanin biosynthesis in fruits // *Trends in plant science*. 2013. Sep. 1. № 18 (9). P. 477–483.
10. NCBI BLAST: a better web interface / M. Johnson [et al.] // *Nucleic acids research*. 2008. Apr. 24. № 36 (suppl_2). P. 5–9.
11. High quality genomic DNA extraction protocol from Litchi (*Litchi chinensis* Sonn) / S. Kumar, M. Muthukumar, R. Kumar, A. Bajpai // *Plant Arch*. 2012. № 12. P. 1109–1113.
12. Agarose gel electrophoresis for the separation of DNA fragments / P. Y. Lee [et al.] // *JoVE (Journal of Visualized Experiments)*. 2012. №. 62. C. 3923.
13. Engineering the anthocyanin regulatory complex of strawberry (*Fragaria vesca*) / K. Lin-Wang [et al.] // *Frontiers in plant science*. 2014. Nov. 19. № 5. P. 651.
14. Ancient plant DNA in lake sediments / L. Parducci [et al.] // *New Phytologist*. 2017 May. № 214 (3). P. 924–942.
15. Porebski S., Bailey L. G., Baum B. R. Modification of a CTAB DNA extraction protocol for plants containing high polysaccharide and polyphenol components // *Plant molecular biology reporter*. 1997. Mar. 1. № 15 (1). P. 8–15.
16. Influence of lecithin on mitochondrial DNA and age-related hearing loss / M. D. Seidman, M. J. Khan, W. X. Tang, W. S. Quirk // *Otolaryngology – Head and Neck Surgery*. 2002. Sep. № 127 (3). P. 138–144.
17. An improved chloroplast DNA extraction procedure for whole plastid genome sequencing / C. Shi [et al.] // *Plos one*. 2012. Feb. 22. № 7 (2). P. e31468.
18. Sievers F., Higgins D. G. Clustal omega. *Current protocols in bioinformatics*. 2014. Dec. № 48 (1). P. 3–13.

19. A simple and efficient genomic DNA extraction protocol for large scale genetic analyses of plant biological systems / K. C. Sika [et al.] // *Plant Gene*. 2015. Mar. 1. № 1. P. 43–45.

20. Enhanced protocol for isolation of plant genomic DNA / M. Youssef, R. Valdez-Ojeda, J. R. Kucay, R. M. Escobedo-Gracia Medrano // *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*. 2015. Dec. № 4 (2). P. 172–180.

21. Effektivnye metody vydeleniya nukleinovyx kislot dlya provedeniya analizov v molekulyarnoy biologii (obzor) / O. S. Antonova [i dr.] // *Nauchnoe priborostroenie*. 2010. T. 20. №. 1. S. 3–9.

22. Zvyagin A. S. Vydelenie DNK iz gerbarnyx list'ev Vitis vinifera L. // *Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2010. №. 58.

23. Ryabushkina N. A., Omasheva M. E., Galiakparov N. N. Specifika vydeleniya DNK iz rastitel'nyx ob'ektov // *Eurasian Journal of Applied Biotechnology*. 2012. №. 2. S. 9–26.

24. Edwards K., Dzhonston S., Tompson S. Prostoy i bystryj metod polucheniya genomnoj DNK rastenij dlya analiza PCR // *Issledovanie nukleinovyx kislot*. 1991. T. 19. №. 6. S. 1349.

Mindiarova Victoria Olegovna, student, Kuban State Agrarian University.
E-mail: vika-2000m@mail.ru.

Savenkova Daria Sergeevna, student, Kuban State Agrarian University.
E-mail: dasha_19.99s@mail.ru.

Filippova Yulia Olegovna, student, Kuban State Agrarian University.
E-mail: julphi@mail.ru.

Milovanov Aleksandr Valeryevich, Cand. Sc. (Biology), Researcher, Kuban State Agrarian University.
E-mail: milovanov1991@mail.ru.

Troshin Leonid Petrovich, D. Sc. (Biology), Professor, Kuban State Agrarian University.
E-mail: lptroshin@mail.ru.

TECHNICAL SCIENCES

Improving the comfortable state of the production environment of ground transportation and technological machines by optimizing the temperature energy balance of the microclimate

Yu. I. Aver'yanov, K. V. Glemba, A. V. Gritsenko

Existing cabs of ground transportation and technological vehicles have large glazing surfaces to increase observation. In warm periods this leads to increasing heat gain due to solar insolation. In this regard, the following problem arises: on the one hand, the observation of the cabin is to be increased, and on the other hand, the thermal effect of solar insolation on the human body is to be decreased. Thus, some theoretical and experimental tasks were set to substantiate the design and operating parameters of some local temperature-controlled device for cabs of ground transportation and technological machines. Therefore the functional dependence is theoretically determined to relate the structural and operational parameters of the proposed device, structural limitations are determined. The methods for experimental research are described to study the process of forming a comfortable thermal state of the human controller for transport-technological machines both under standard conditions and under the influence of the developed temperature-regulating device. The relationship between its design parameters (between the pitch and the diameter of the tubes) is experimentally confirmed for various values of heat removing, fluid temperature, garment package thickness and the surface temperature of the human controller's body. The dependences between the indicators of the thermal state of the human controller and the parameters of the temperature-regulating device are



obtained in the form of changes in the specific heat content of the person to optimize the design parameters. The optimal values of the heat flux density (268 W/m^2) of the conductive panel of the device are determined according to the standard value of the rate of increasing temperature of the human controller's body (2° C per hour), at which comfortable working conditions in the cabin of a mobile machine can be provided. The influence of the body weight and height of the human controller on changes of the heat flux power density is studied. According to the experiment limitations, the optimum heat flux power from the surface of the proposed device to the entire surface of the human controller's body is revealed which amounts to 486 W with average body mass and height (70 kg and 1.7 m , respectively).

Keywords: thermal comfort, microclimate, conduction, thermoregulation, thermal sensation and content, thermal body state, heat flux power.

References

1. Localized Cooling for Human Comfort / M. Wang [et al.] // SAE Int. J. Passeng. Cars – Mech. Syst. 2014. № 7 (2). P. 755–768.
2. Virtual Thermal Comfort Engineering / T. Han [et al.] // SAE Technical Paper. 2001. № 01-0588.
3. Han T., Huang L. A Model for Relating a Thermal Comfort Scale to EHT Comfort Index // SAE Technical Paper. 2004. № 01-0919.
4. McFarland R., Domey R. Bio-Technical Aspects of Driver Safety and Comfort // SAE Technical Paper. 1958. № 580122.
5. Fulton K., Malloy M., Reade B. Vehicle Ergonomics and the Winter Environment // SAE Technical Paper 890035. № 1989.
6. Ocenka potencial'noj tehnologicheskoy bezopasnosti podsistemy «mashina» / YU. G. Gorshkov [i dr.] // Traktory i sel'skoxozyajstvennyye mashiny. 2003. № 12. S. 40–41.
7. Gritsenko A., Glemba K., Vozmilov A. Improving the car environmental qualities by studying the engine load characteristics in the modes of injection rate off // Transportation Research Procedia. 2018. № 36. P. 237–244.
8. Glemba, K., Averyanov Y., Larin O. Theoretical Study of Improving the Safety of the “Operator, Machine, and Environment” System when Performing Transport Operations // SAE Int. J. Trans. Safety. 2018. № 6 (1). P. 5–18.
9. Indicators of working conditions and the fatigue of operators of mobile agricultural machines / Y. Gorshkov [et al.] // Journal «Science». 2003. № 2. P. 11–17.
10. Effect of Car Cabin Environment on Driver's Comfort and Fatigue / H. Tsutsumi, Y. Hoda, S. Tanabe, A. Arishiro // SAE Technical Paper. № 01-0444.
11. McGuffin R. Modeling of Human Thermal Comfort // SAE Technical Paper. 2001. № 01-2117.
12. Human Thermal Comfort Model and Manikin / R. McGuffin [et al.] // SAE Technical Paper. 2002. № 01-1955.
13. Glemba K., Averianov Y. Substantiation of Parameters and Operation Modes of Device for Thermal Comfort of a Mobile Machine Operator // Procedia Engineering. 2015. № 129. P. 542–548.
14. Aruin A. S., Zaciorskij V. M. Ergonomicheskaya biomexanika. M., 1988. 256 s.
15. Gavrilov E. V. Ergonomika na avtomobil'nom transporte. Kiev : Texnika, 1976. 152 s.
16. Thermal Comfort Prediction and Validation in a Realistic Vehicle Thermal Environment / K. Chen [et al.] // SAE Technical Paper. 2012. № 01-0645.
17. Effect of Car Cabin Environment on Driver's Comfort and Fatigue / H. Tsutsumi, Y. Hoda, S. Tanabe, A. Arishiro // SAE Technical Paper. 2007. № 01-0444.
18. Using Virtual Seat Prototyping to Understand the Influence of Craftsmanship on Safety, and Seating Comfort / C. Marca, R. Dwarampudi, C. Cabane, M. Kolich // SAE Technical Paper. 2011. № 01-0805.
19. Rutkowski P. Thermal Comfort Modeling of Cooled Automotive Seats // SAE Int. J. Passeng. Cars – Mech. Syst. 2010. № 3 (1). P. 523–532.
20. Thermal Comfort Analysis of an Automobile Driver with Heated and Ventilated Seat / G. Karimi [et al.] // SAE Technical Paper. 2002. № 01-0222.

21. Heated Seat Simulation Study for Thermal Seat Comfort Improvement / S. Ziolk, J. Pryor, T. Schwenn, A. Steinman // SAE Int. J. Passeng. Cars – Mech. Syst. 2015. № 8 (2). P. 594–599.

Aver'yanov Yury Ivanovich, D. Sc. (Engineering), Professor of the Department “Life Safety”, South Ural State University (National Research University).

E-mail: averianovyi@susu.ru.

Glemba Konstantin Vyacheslavovich, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor of the Department “Operation of Machine and Tractor Fleet, Technology and Mechanization of Livestock”, South Ural State Agrarian University; Associate Professor of the Department of “Road Transport”, South Ural State University (National Research University).

E-mail: glemba77@mail.ru.

Gritsenko Aleksandr Vladimirovich, D. Sc. (Engineering), Associate Professor of the Department “Operation of Machine and Tractor Fleet, Technology and Mechanization of Livestock”, South Ural State Agrarian University; Associate Professor of the Department of “Road Transport”, South Ural State University (National Research University).

E-mail: alexgrits13@mail.ru.

Theoretical background to justifying the production line for preparing a liquid substitute for whole milk using a rotary-type homogenizer dispersant

S. V. Azhigova, N. S. Sergeev

The importance and practicability of using various technologies and technical means for the preparation of whole milk substitutes for feeding calves which will minimize the use of whole milk is emphasized. This will increase the use of raw materials in the dairy industry and livestock breeding. A brief review and classification of calf milk replacers are given; a scheme for the technological line to prepare a liquid substitute for whole milk using a rotary-type homogenizer dispersant is proposed for further studying.

Keywords: livestock breeding, calf milk replacer, technology, dispersant, homogenizer.

References

1. Molochnyy rynek Rossii: itogi 2015 goda i prognoz razvitiya otrasli // Agrovostnik. Rezhim dostupa: https://agrovesti.net/molochnoe_zhivotnovodstvo/molochniy_rinok_rossii_itogi_2015_goda_i_prognoz_razvitiya_otrasli.html.
2. Andreeva M. I., SHHedushnova G. N., Voropaeva V. S. Proizvodstvo zamenitelej cel'nogo moloka. M. : CNIITEI Myasomolprom, 1980.
3. Gordeziani V. S. Proizvodstvo zamenitelej cel'nogo moloka. 2-e izd. 1990. S. 95–99.
4. Krylov V. M., Zimchenko L. M. Primenenie ZCM pri vyrashhivanii telyat. M. : Kolos, 1975.
5. Texnologiya cel'nomolochnyx produktov i molochno-belkovyx koncentratov: Spravochnik / E. A. Bogdanova [i dr.]. M. : Agropomizdat, 1989.
6. Li Vitalij. Ispol'zovanie ZCM – zalog uspeshnogo vyrashhivaniya molodnyaka // ZHivotnovodstvo Rossii. 2003. № 6. S. 23–26.
7. Promyshlennaya pererabotka obezzhirennogo moloka // Oranta: molochnoe proizvodstvo. Rezhim dostupa: <http://www.molz.ru/promyshlennaya-pererabotka-obezzhirennogo-moloka?page=32>.
8. Xramcov A. G., Nesterenko P. G. Texnologiya produktov iz molochnoj syvorotki. M. : DeLi Print, 2004. 487 s.
9. Kuz'min YU. N. Osnovnoe texnologicheskoe oborudovanie v pererabotke obezzhirennogo moloka, paxty i molochnoj syvorotki. M. : CNIITEI Myasoprom, 1982.
10. Kulakovskij I. V., Kirpichnikov F. S., Reznik E. I. Mashiny i oborudovanie dlya prigotovleniya kormov. M. : Rossel'xozizdat, 1987. CH. 1.



11. Azhigova S. V. Razrabotka texnologicheskoy linii prigotovleniya zhidkix zamenitelej cel'nogo moloka dlya kormleniya telyat // Agrozinheneriya i ekonomika : mater. stud. nauch. konferencii / pod red. prof., d-ra s.-x. nauk M. F. YUdina. CHelyabinsk : FGBOU VO YUzhno-Ural'skij GAU, 2017. S. 7–15.

12. Pat. RF № 2494969. Texnologicheskaya liniya proizvodstva kislomolochnyx produktov tipa kumysa / N. S. Sergeev, V. V. Starshix, E. A. Maksimov. zayavl. 26.04.12 ; opubl. 10.10.2013, Byul. № 17.

13. Golubkova M. G. Analiz dispergatorov-gomogenizatorov, primenyaemyx dlya obrabotki molochnyx produktov // Sovershenstvovanie agrotexniki i texnologii vozdeleyvaniya s.-x. kul'tur : sb. nauch. tr. / CHGAU. CHelyabinsk, 1996.

Azhigova Svetlana Vesengereevna, undergraduate, South Ural State Agrarian University.
E-mail: svetlana1495@mail.ru.

Sergeev Nikolay Stepanovich, D. Sc. (Engineering), Professor, Professor of the Department “Operation of Machine and Tractor Fleet, Technology and Mechanization of Livestock”, South Ural State Agrarian University.

E-mail: s.n.st@mail.ru.

Microwave supply for drying organic products

E. N. Akhmedyanova, K. T. Akhmedyanova, S. N. Rednikov

The problems of microwave drying for various organic products are considered, the optimal modes of oscillating moisture removal in the kernels of sunflower and apricot are experimentally proved.

Keywords: microwave drying, apricot, sunflower kernels, heating, cooling, moisture, diffusion, dehumidification, time.

References

1. Sazhin B. S. Osnovy texniki sushki. M. : Ximiya, 1984. 320 s.
2. Lykov A. V. Teplo- i massoobmen v processax sushki. M. ; L. : Gosenergoizdat, 1956. 464 s.
3. Mushtaev V. I., Ul'yanov V. M. Sushka dispersnyx materialov. M. : Ximiya, 1988. 352 s.
4. Teplo- i massoobmen pri sushke semyan rastropshi v vixrevoj kamere s SVCH-energopodvodom / I. S. YUrova, I. T. Kretov, A. V. ZHuravlev, D. A. Kazarcev ; Voronezh, gos. un-t. inzh. texnol. Voronezh : VGUIT, 2012. 192 s.
5. Axmed'yanova E. N. Povyshenie energeticheskoy effektivnosti processa sushki drevesnoj shhepy // Materialy LIII Mezhdunar. nauch.-texn. konf. «Dostizheniya nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu» / pod red. P. G. Svechnikova. CHelyabinsk, 2014. S. 7–11.
6. Axmed'yanova E. N., Ptashkina-Girina O. S. Nestacionarnye rezhimy vlagoudaleniya // Prom-Inzhiniring : tr. Mezhdunar. nauch.-texn. konf. / FGBOU VPO «YUzhno-Ural'skij gosudarstvennyj universitet» (NIU). CHelyabinsk, 2015. S. 40–42.

Akhmedyanova Elena Nailevna, Head of the Laboratory of the Department “Power Supply and Automation of Technological Processes”, South Ural State Agrarian University.

E-mail: Karinlen@mail.ru.

Akhmedyanova Karina Tagirovna, student, Kazan State Power Engineering University.

E-mail: Karinlen@mail.ru.

Rednikov Sergey Nikolayevich, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor, South Ural State University (National Research University).

E-mail: srednikov@mail.ru.

**Design, manufacturing and testing features of the power pulse converter
of a current source based on a self-responsive half-bridge driver**

R. V. Banin, V. A. Butorin, L. A. Saplin, P. I. Bondarchuk

The paper presents an example of the implementation of a pulsed current source intended for the use of current methods of drying the insulation of windings of induction motors. Its functional and electrical circuitry has been developed. The requirements are formulated, recommendations for the selection of the element base are given, the features of manufacturing and calculating of a pulsed high-frequency transformer and key elements of a transistor switching module are highlighted, with the oscillograms done at control points during testing being presented.

Keywords: current source, pulse transformer, functional circuit, induction motor.

References

1. Banin R. V. Sovershenstvovanie sposoba povysheniya ekspluatacionnoj nadezhnosti asinxronnykh elektrodvigatelej v sel'skom khozyajstve // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2010. № 10. S. 71–73.
2. Romadina I. V. Mikroskemy SHIM-kontrollerov ON Semi dlya setevyx istochnikov pitaniya // Komponenty i tekhnologii. 2010. № 7. S. 88–94.
3. Grumbina A. B. Elektricheskie mashiny i istochniki pitaniya radioelektronnykh ustrojstv. M. : Energoizdat, 1990. 368 s.
4. Kompaniya «Infineon». Rezhim dostupa: <https://www.infineon.com/dgdl/ir2153.pdf?fileId=5546d462533600a4015355c8c5fc16af> (data obrashheniya 15.01.20).
5. Payal'nik. Rezhim dostupa : <https://cxem.net/software/lite-calcit.php>.
6. Maniktala S. Impul'snye istochniki pitaniya ot A do Z. SPb. : Korona-Vek, 2014. 256 s.
7. Kompaniya Power Integration. Rezhim dostupa : <https://ac-dc.power.com/design-support/product-documents/application-notes/an-15-topswitch-power-supply-design/k> (data obrashheniya 15.01.2020).
8. Kompaniya Power Integration. Rezhim dostupa : <https://ac-dc.power.com/design-support/product-documents/application-notes/an-18-topswitch-flyback-transformer/> (data obrashheniya 15.01.2020).
9. Kompaniya «MakroGrupp». Rezhim dostupa: <https://www.macrogroupp.ru/proektirovanie-impulsnyh-istochnikov-pitaniya-na-baze-integralnyh-mikroschem-firmy-power-integrations> (data obrashheniya 15.01.2020).

Banin Roman Valeryevich, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor, Head of the Department “Electrical Equipment and Electrotechnologies”, South Ural State Agrarian University.

E-mail: barom@mail.ru.

Butorin Vladimir Andreyevich, D. Sc. (Engineering), Professor, South Ural State Agrarian University.

E-mail: butorin_chgau@list.ru.

Saplin Leonid Alekseyevich, D. Sc. (Engineering), Professor, OOO “Chelyabinsk Compressor Plant”.

E-mail: Lsaplin49@mail.ru.

Bondarchuk Pavel Ivanovich, undergraduate of the Department “Electrical Equipment and Electrotechnologies”, South Ural State Agrarian University.

E-mail: bondp@mail.ru.



Modern software for designing electronic devices to increase the operational reliability of induction motors

R. V. Banin, L. A. Saplin, N. V. Shigaeva

An example of implementing the design methods and simulation of microcontroller pulsed electronic devices is considered, with the choice of the topology of the power part of the device designed to maintain the performance of insulation of operating induction motors being justified. The elemental base of the controllers of the power part of power sources applied to the drying device is analyzed. The programming algorithm of the auxiliary microcontroller and the results of spatial modeling of the printed circuit board of the developed device are presented.

Keywords: asynchronous motor, insulation, operational reliability, operability, drying device.

References

1. Banin R. V. Sovershenstvovanie sposoba povysheniya ekspluatacionnoj nadezhnosti asinxronnyx elektrodvigatelej v sel'skom xozyajstve. // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2010. № 10. S. 71–73.
2. Romadina I. V. Mikrosxemy SHIM-kontrollerov ON Semi dlya setevyx istochnikov pitaniya // Komponenty i tekhnologii. 2010. № 7. S. 88–94.
3. Sajt kompanii «ON Semiconductor». Rezhim dostupa: <https://www.onsemi.com/pub/Collateral/SG3525A-D.PDF>. (data obrashheniya: 10.01.2020).

Banin Roman Valeryevich, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor, Head of the Department “Electrical Equipment and Electrotechnologies”, South Ural State Agrarian University.
E-mail: barom@mail.ru.

Saplin Leonid Alekseyevich, D. Sc. (Engineering), Professor, OOO “Chelyabinsk Compressor Plant”.
E-mail: Lsaplin49@mail.ru.

Shigaeva Natalya Vladimirovna, full-time graduate student of the Department “Electrical Equipment and Electrotechnologies”, South Ural State Agrarian University.
E-mail: na_raniya@mail.ru.

Cost function associated with stocks for technological connection of power receivers to electric networks

V. A. Butorin, L. A. Saplin, I. B. Tsarev

The article gives the concept of technological connection to electric networks and the problems that arise with the fulfillment of the terms of the contract between the network organization and the customer when rural energy consumers joining the electric networks. The principles of determining penalties for late contract for technological connection are considered. Reducing the risk of penalties can create a stock of electrical equipment in the warehouses of network organizations engaged in technological connection. But an excessive increase in the stock of elements of electrical equipment leads to high costs for its storage and the death of money invested in spare parts unclaimed between deliveries. A reasonable compromise between two opposite aspects of the problem can be found based on a young, rapidly developing interdisciplinary field of knowledge – the theory of inventory management. The central concept of the theory of inventory management is the cost function, the minimum of which ensures the optimal value of the created reserve of elements of electrical equipment. The search for expressing the separate components of the cost function for the period between supplies of spare elements necessary for technological

connection is the goal of this work. The expression for calculating the death of money invested in spare parts of electrical equipment unclaimed between deliveries is given. The formulas for estimating the costs of storage and payment of the penalty in case of violation of the contract due to a shortage of spare parts necessary for technological connection in the warehouses of the network organization are developed. The results of numerical optimization of the cost function are considered using the example of reinforced concrete racks SV-95-3. The Ketovsky district of electric networks of “Kurgan Electric Networks” PAO “Siberian-Ural Energy Company” acted as a network organization providing technological connection. Numerical calculations proved that the minimum cost function was achieved with a stock of reinforced concrete racks SV-95-3, equal to 551 pcs. The value of the cost function itself is 23,260 rubles.

Keywords: technological connections, storage costs, costs of cash necrosis, late fees, minimum cost function.

References

1. Ob utverzhdenii pravil nediskriminacionnogo dostupa k uslugam po operativno-dispetcherskomu upravleniyu v elektroenergetike i okazaniya etix uslug, pravil nediskriminacionnogo dostupa k uslugam administratora torgovoj sistemy optovogo rynka i okazaniya etix uslug i pravil texnologicheskogo pris-oedineniya energoprinyimayushhix ustrojstv potrebitelej elektricheskoy energii, ob”ektov po proizvodstvu elektricheskoy energii, a takzhe ob”ektov elektrosetevogo xozyajstva, prinallezhashhix setevym organi-zaciyam i inym licam, k elektricheskim setyam : postanovlenie Pravitel’stva RF ot 27.12.2004 g. № 861.
2. Ryzhikov YU. I. Teoriya ocheredej i upravlenie zapasami. SPb. : Piter, 2001. 384 s.
3. Ventcel’ E. S., Ovcharov V. A. Teoriya veroyatnostej i ee inzhenernye prilozheniya. M. : Vyssh. shk., 2000. 480 s.
4. Raschet zatrat, svyazannyx s omertvleniem denezhnyx sredstv, pri funkcionirovanii elektromontnyx predpriyatij / V. A. Butorin, I. B. Carev, M. A. Malyshev, I. A. Pyastolova // Vestnik nauki Kazaxskogo gosudarstvennogo agrotexnicheskogo universiteta im. S. Seifullina. Astana. 2010. № 4 (66). S. 128–132.

Butorin Vladimir Andreyevich, D. Sc. (Engineering), Professor, the Department “Electrical Equipment and Electrotechnologies”, South Ural State Agrarian University.
E-mail: butorin_chgau@list.ru.

Saplin Leonid Alekseyevich, D. Sc. (Engineering), Professor, OOO “Chelyabinsk Compressor Plant”.
E-mail: Lsaplin49@mail.ru.

Tsarev Igor Borisovich, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Department “Electrical Equipment and Electrotechnologies”, South Ural State Agrarian University. South Ural State Agrarian University.
E-mail: tsarev@citydom.ru.

Justifying the main parameters of a new device for separating corn grains from ears

R. N. Veliyev

At present, both with the help of the existing technology of corn harvesting and in devices for separating corn grains from ears the working bodies of shock action are mainly used, they causing 2-3% or more damage to grains during operation. At the same time, ears of corn are not completely cleaned. The complete removal of grains from the cobs, as well as minimizing damaged grains is established to become possible when the principle of internal adhesion with compression and torsion of cobs with a clamping pad eccentrically mounted to the drum with a rubber surface is used. On the basis of studies the parameters



of the due operating mode are justified making it possible to develop an experimental device that works according to this principle. Laboratory trials and test use of the experimental setup were carried out, thus it was determined that the highest degree of grain separation from corn cobs is ensured, and macro- and microdamage of grains is minimized (less than 1%) as compared to existing cob-cleaning devices. Therefore, the recommended device can be used not only for household but also for selection.

Keywords: corncob, kernel, grain, drum, input, output, stabilizing mechanism.

References

1. Veliev R. N. Obosnovanie razrabotki malogabaritnogo ustrojstva dlya otdeleniya zeren kukuruzy ot pochatkov / Nacional'naya Akademiya, Gyandzhinskij regional'nyj nauchnyj centr // Nauchnye izvestiya. Gyandzha, 2013. № 52. S. 121–125.
2. Veliev R. N. Analiz raboty ustrojstv otdelyayushhie zerna kukuruzy ot pochatkov // ATU, Ustojchivoe razvitie i texnologicheskie innovacii : mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konferencii. Gyandzha, 2014. S. 249–251.
3. Mamedov A. I. Obmolot pochatkov kukuruzy // Agrarnaya nauka. 1915. № 11. S. 30–31.
4. Kukuruzoborochnye mashiny / K. V. SHatilov [i dr.]. M. : Mashinostroenie, 1981. 224 s.
5. SHpokas L., Vilgakov V., Pektyavchuk S. Eksperimental'noe issledovanie processa uborki kukuruzy na zerno // Naukovyj Visnik NAU. Kiiv, 2005. S. 184–193.

Veliyev Ramil Nazim oglu, senior lecturer, candidate for a degree, Azerbaijan Technical University.
E-mail: v_ramin@bk.ru.

Studying the indicators of the system “operator-machine-environment” in the process

K. V. Glemba, A. V. Gritsenko, Yu. I. Averyanov, A. M. Plaksin

The issues of the systematic approach to studying the relationships between the indicators of a man-machine system in transport operations and ways to improve the safety of its elements are considered. The problem of improving security when mobile machines are operated by a human still remains urgent. It is necessary to study the fundamental and problematic issues of reducing the risk of injury by preventing traffic accidents, and the issues of reducing the severity of their consequences. When transporting, due to the influence of external conditions and parameters of a constantly changing production environment, there often occur different mismatches between elements of the technological system, which leads to a sharp increase in the number of failures, which generally reduce the level of safety of transporting. As a result of analyzing the influence of the main factors on the risk level when an operator carries out transporting, it was established: it is necessary to study the nature of changes in input and internal factors, their influence on the risk level of the “operator” subsystem; the “operator-machine” system fulfills its functions under constantly changing characteristics of input factors, since they aren't regular, being random in nature; quantitative assessment of the “operator” subsystem is determined by the qualification indicator as a function of speed and correctness of the actions; to increase the level of output factors of the system, it is necessary to increase the functionality of the subsystem “operator”. A dynamic risk model of the technological system is formed, which allows making an objective analysis of the main factors affecting the risk level when the operator performs transporting. The dependencies between the quantitative and qualitative indicators of the technological system are obtained, with the functional capabilities of the human operator of the mobile machine being taken into account. With an increase in the operator's qualification level under conditions of the machine being fully adapted to control processes and under optimal conditions of the production environment, the risk criterion for the technological system has a sharp decline even with a relatively low initial increase in the qualification index in the range from 0 to 0.3. The research results will serve as material for forming a mathematical model for functioning of the “operator-machine” system and for determining the criteria of risk level in ergatic control systems.

Keywords: risk, injury, operator of mobile machines, transport complex, transport work, qualification indicator, operator's functionality.

References

1. Ocenka potencial'noj texnologicheskoy bezopasnosti podsystemy «mashina» / YU. G. Gorshkov [i dr.] // *Traktory i sel'skoxozyajstvennye mashiny*. 2003. № 12. S. 40–41.
2. Glemba K. V., Larin O. N., Aver'yanov YU. I. Aspekty povysheniya bezopasnosti podsystemy «operator» na kolesnom transporte // *APK Rossii*. 2014. T. 70. S. 34–42.
3. Larin O. N., Glemba K. V. Obzor metodov opredeleniya nadezhnosti operatora v dinamicheskix ergaticheskix sistemax // *Transport Urala*. 2012. № 1 (32). S. 17–22.
4. Glemba K. V., Aver'yanov YU. I. Vyyavlenie i sovershenstvovanie problemnyx vzaimosvyazej strukturnyx elementov sistemy bezopasnosti dvizheniya mobil'nyx mashin // *Vestnik CHGAA*. 2013. T. 66. S. 25–34.
5. Glemba K. V., Aver'yanov YU. I., Glemba V. K. Metody ocenki informacionnoj peregruzki operatora v processe upravleniya mashinoy // *Vestnik CHGAA*. 2010. T. 56. S. 5–10.
6. Gorbachev S. V., Glemba K. V. Vliyanie na bezopasnost' dvizheniya urovnya formalizacii informacionnogo potoka v ergaticheskix sistemax // *Vestnik OGU*. 2011. № 10 (129). S. 88–93.
7. Glemba K. V. Vliyanie pertinentnosti informacionnogo polya na bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya // *APK Rossii*. 2014. T. 68. S. 7–13.
8. Glemba K. V. Vliyanie perceptivnyx processov prostranstvennogo vospriyatiya uchastnikov dorozhnogo dvizheniya na ix bezopasnost' // *Vestnik CHGAA*. 2012. T. 62. S. 26–31.
9. Larin O. N., Glemba K. V. Vliyanie uslovij organizacii dorozhnogo dvizheniya na process vospriyatiya voditelem informacii // *Ezhemesyachnyj nauchnyj informacionnyj sbornik «TRANSPORT: nauka, texnika, upravlenie»*. M. : VINITI RAN, 2012. № 11. S. 55–57.
10. Larin O. N., Majorov V. I., Glemba K. V. Voprosy primeneniya sistemnogo podxoda dlya povysheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya // *Ezhemesyachnyj nauchnyj informacionnyj sbornik «TRANSPORT: nauka, texnika, upravlenie»*. M. : VINITI RAN, 2013. № 11. S. 52–55.
11. Glemba K. V., Larin O. N. Sistemnyj podxod k poisku rezerva povysheniya BDD v krupnyx gorodax Rossii // *Aktual'nye problemy avtotransportnogo kompleksa: mezhvuz. sb. nauch. statej*. Samara : SamGTU, 2013. S. 165–181.
12. Sovremennye metody ocenki bezopasnosti i ergonomichnosti sistemy «operator-mashina-sreda» / YU. I. Aver'yanov, K. V. Glemba, S. A. Spektoruk, V. N. Mel'nik // *Vestnik CHGAU*. 2005. T. 45. S. 12–17.
13. Glemba K. V. Mnogokriterial'nyj podxod k issledovaniyu ocenki bezopasnosti v sistemax prinyatiya reshenij pri upravlenii avtomobilem // *Materialy IV Mezhdunar. nauch.-praktich. konf. «Problemy i perspektivy razvitiya evroaziatskix transportnyx sistem»*. CHelyabinsk : YUUrGU, 2012. S. 45–55.
14. Glemba K. V., Larin O. N. Problemy upravleniya mobil'nymi mashinami i obosnovanie strukturnyx vzaimosvyazej cheloveko-mashinnyx sistem // *Materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Transport Rossii: problemy i perspektivy-2013»*. SPb : In-t problem transporta RAN im. N. S. Solomenko, 2013. S. 152–159.
15. Faktory opasnosti mobil'nyx texnologicheskix processov / YU. G. Gorshkov [i dr.] // *Mexanizaciya i elektrifikaciya sel'skogo xozyajstva*. 2003. № 7. S. 4–6.
16. Glemba K. V., Aver'yanov YU. I. Rezul'taty issledovaniya rezhimnyx parametrov trenazha operatorov mobil'nyx mashin // *Materialy konferencii*. CHelyabinsk : CHGAA, 2015. S. 134–140.
17. Pokazatel' urovnya kvalifikacii operatora mobil'noj sel'skoxozyajstvennoj mashiny / YU. G. Gorshkov [i dr.] // *Traktory i sel'skoxozyajstvennye mashiny*. 2005. № 3. S. 32.
18. Opokazatelyax uslovij truda i utomlaemosti operatorov mobil'nyx mashin sel'skoxozyajstvennogo naznacheniya / YU. G. Gorshkov, YU. I. Aver'yanov, K. V. Glemba, I. N. Starunova // *Nauka*. 2003. № 2. S. 11–17.
19. Glemba K. V. Uluchshenie uslovij truda i snizhenie travmatizma operatorov mobil'nyx kolesnyx mashin sel'skoxozyajstvennogo naznacheniya : dis. ... kand. texn. nauk. CHelyabinsk, 2004. 190 s.



20. Aver'yanov YU. I., Glemba K. V., Kozhanov V. N. Integral'nyj kriterij ocenki komfortnosti uslovij mikroklimata v kabinax mobil'nyx sel'xozmashin // Traktory i sel'skoxozyajstvennyye mashiny. 2005. № 4. S. 36–38.

21. Glemba K. V., Averianov Y. I. Substantiation of parameters and operation modes of device for thermal comfort of a mobile machine operator // Procedia Engineering. 2015. Vol. 129. P. 542–548.

22. Bezopasnost' texnicheskogo obsluzhivaniya mashin / YU. G. Gorshkov [i dr.] // Mexanizaciya i elektrifikaciya sel'skogo xozyajstva. 2003. № 11. S. 21–22.

Glemba Konstantin Vyacheslavovich, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor of the Department “Operation of Machine and Tractor Fleet, Technology and Mechanization of Livestock”, South Ural State Agrarian University; Associate Professor of the Department of “Road Transport”, South Ural State University (National Research University).

E-mail: glemba77@mail.ru.

Gritsenko Aleksandr Vladimirovich, D. Sc. (Engineering), Associate Professor of the Department “Operation of Machine and Tractor Fleet, Technology and Mechanization of Livestock”, South Ural State Agrarian University; Associate Professor of the Department of “Road Transport”, South Ural State University (National Research University).

E-mail: alexgrits13@mail.ru.

Aver'yanov Yury Ivanovich, D. Sc. (Engineering), Professor of the Department “Life Safety”, South Ural State University (National Research University).

E-mail: averianovyi@susu.ru.

Plaksin Aleksey Mikhailovich, D. Sc. (Engineering), Professor, Professor of the Department “Operation of Machine and Tractor Fleet, Technology and Mechanization of Livestock”, South Ural State Agrarian University.

E-mail: plaksin-am@mail.ru.

The study of high-tech filters “Profitmilk” for raw milk purification

A. N. Kozlov, V. I. Shatrukov, P. A. Pleskachev

For fine raw milk purification we offer structural and technological developments of polypropylene filters working due to vacuum and pressure, with multilevel cartridges with rectangular, wave-like and hexagonal shapes of the outer surface being installed in the filters. The high-tech developments of raw milk filters are based on the method of manufacturing cartridges. According to this method, the cartridge is formed from technologically independent groups of layers with different diameters of the threads to provide a wide range of their throughput. To increase the diameter of the thread in each subsequent group of layers by 40 μm , starting from 70 μm as the diameter of the thread in the inner group of layers, the pressure of the air supplied to the extruder head from the first to subsequent ones is reduced by 10 kPa, starting from 80 kPa, adjusting the diameter of the thread in the last group of layers up to 150 μm . The multilevel system of milk purification at milking machines during its operation is studied. It consists of vacuum and bag filters, as well as a body with a side pipe in the form of a bell with a cartridge with the outer layer having a hexagonal shape. In vacuum filters, the layers of the cartridge are made of threads of different diameters. In passable channels formed in layers with decreases in the direction of milk movement, the effect of creeping flow was revealed. Its rate can be assumed proportional to the velocity gradient. Then the milk flows in laminar mode, which eliminates the erosion and crushing of impurities. This is also achieved in hexagonal cartridges.

Keywords: raw milk, multilevel cleaning system, method, cartridge, bag filter, bell, hexagonal shape.

References

1. Velitok I. G. *Texnologiya mashinnogo doeniya*. M. : Kolos, 1978. S. 254.
2. Monitoring moloka korov na nalichie stafilokkokov i somaticheskix kletok, kak predvestnikov mastita / O. A. Artem'eva [i dr.] // *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo*. 2016. № 4. S. 24–27.
3. SHHepetkina S. V. Antibiotiki v moloke: zapretit' nel'zya, normirovat' // *Molochnaya promyshlennost'*. 2016. № 10. S. 29–32.
4. Rybalova T. I. Molochnaya industriya v Rossii: itogi I polugodiya // *Molochnaya promyshlennost'*. 2019. № 9. S. 4–8.
5. Surovcev V. N., Nikulina YU. N. Perspektivy razvitiya proizvodstva i pererabotki moloka // *Molochnaya promyshlennost'*. 2019. № 8. S. 29–32.
6. Pat. 2674197 Rossijskaya Federaciya. Ustrojstvo fil'tracii zhidkix smesej. № 2017144735 ; zayavl. 19.12.2017 ; opubl. 23.04.2018.
7. Pat. 185329 Rossijskaya Federaciya. Ustrojstvo fil'tracii zhidkix smesej. № 2018118281 ; zayavl. 17.05.2018 ; opubl. 23.04.2018.
8. Pat. 2682045 Rossijskaya Federaciya. Fil'tr dlya ochistki moloka. № 2018122359 ; zayavl. 18.06.2018 ; opubl. 23.04.2018.
9. Pat. 189764 Rossijskaya Federaciya. Rukavnyj fil'tryushhij element dlya ochistki moloka. № 20191021121 ; zayavl. 25.01.2019 ; opubl. 03.06.2019.
10. Sposob izgotovleniya fil'tryushhego elementa dlya ochistki zhidkix smesej. Polozhitel'noe reshenie po zayavke № 2018138385.
11. Kozlov A. N., Pleskachev P. A. Sovershenstvovanie texnologii izgotovleniya fil'tryushhego elementa dlya ochistki zhidkix smesej // *EUROPEAN RESEARCH* : sb. st. XXI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. : v 2 ch. Penza : MCNS «Nauka i Prosveshhenie», 2019. CH. 1. S. 176–179.
12. Pleskachev P. A. Neobxodimost' mexanicheskoy ochistki syrogo moloka // *Sovremennye tendencii texnologicheskogo razvitiya APK* : mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Instituta agroinzhenerii, posvyashh. 85-letiyu kafedry «Ekspluatatsiya mashinno-traktornogo parka im. prof. M. P. Sergeeva» (CHelyabinsk, 2019) / pod red. prof., d-ra s.-x. nauk M. F. YUdina. CHelyabinsk : FGBOU VO YUzhno-Ural'skij GAU, 2019. S. 74–80.
13. Kozlov A. N., Pleskachev P. A. Razrabotka i issledovaniya vakuumno-napornoj sistemy ochistki syrogo moloka // *Luchshaya nauchnaya stat'ya-2019* : sb. st. XXVIII Mezhdunar. nauch.-issled. konkursa. Penza : MCNS «Nauka i Prosveshhenie», 2019. S. 10–15.
14. Kozlov A. N., Pleskachev P. A. Issledovanie detektora subklinicheskoy formy mastita zhivotnyx // *Sovremennaya nauka: aktual'nye voprosy, dostizheniya i innovacii* : IX Mezhdunar. nauch.-prakt. konferenciya. Penza : MCNS «Nauka i Prosveshhenie», 2019. S. 46–53.
15. Kozlov A. N., CHernickij A. V., Aleshin A. V. *Adaptivnoe doil'noe oborudovanie* : monografiya. CHelyabinsk : FGBOU VO YUzhno-Ural'skij GAU, 2017. 208 s.
16. Kozlov A. N. *Povyshenie rabotosposobnosti doil'nyx apparatov* : monografiya. CHelyabinsk : FGBOU VO YUzhno-Ural'skij GAU, 2016. 99 s.
17. Kozlov A. N., Pleskachev P. A. Issledovanie fil'tra tonkoj ochistki syrogo moloka «Profitmilk» // *APK Rossii*. 2018. T. 25. № 4. S. 544–548.
18. Kozlov A. N., Pleskachev P. A. Opredelenie ploshhadej yacheek fil'tryushhego elementa dlya ochistki syrogo moloka // *APK Rossii*. 2018. T. 25. № 4. S. 549–556.
19. Kozlov A. N., SHatrakov V. I., Pleskachev P. A. Raschet fil'tra tonkoj ochistki moloka v programme APM WinMAchine Studio // *APK Rossii*. 2018. T. 25. № 5. S. 616–621.

Kozlov Aleksandr Nikolayevich, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor, South Ural State Agrarian University.

E-mail: ankozlov2016@yandex.ru.

Shatrakov Viktor Ivanovich, senior lecturer, South Ural State Agrarian University.

E-mail: v_shatr@mail.ru.



Pleskachev Pavel Andreyevich, undergraduate, South Ural State Agrarian University.
E-mail: pleskachev_@mail.ru.

Systemic principles for designing technological processes in agriculture

G. A. Okunev, N. A. Kuznetsov, S. S. Kanatpaev

The choice of crop cultivation technology is determined by the natural-production factors of some particular enterprise therefore the structure of sown areas is formed to ensure rational crop rotation and an increase in the duration of working periods of machine complexes, with the capabilities of the existing machine system, rational methods of using technical means and achievements of agricultural science for implementation resource-saving technologies being considered.

Keywords: system, integrated approach, structure, parameter, process, technology, terms of work.

References

1. Kuz'min V. P. Sistemnyj podxod v nauchnom poznanii i marksistskaya metodologiya // Voprosy filosofii. 1980. № 1. S. 13.
2. Solnyshkov YU. S. Obosnovanie reshenij. M. : Ekonomika, 1980. 268 s.
3. Saklakov V. D. Potencial proizvodstvennyx processov v rastenievodstve i razrabotka metodov ego effektivnogo ispol'zovaniya : avtoref. dis. ... d-ra texn. nauk. CHelyabinsk, 1990. 46 s.
4. Vil'yams V. R. Sochineniya. T. 1. Pochvovedenie. M. : Sel'xozgiz, 1941. 334 s.
5. Gridin N. F. Obosnovanie sostava parka traktorov obshhego naznacheniya dlya mexanizacii proizvodstvennyx processov v rastenievodstve Severnogo Kazaxstana : avtoref. dis. ... d-ra texn. nauk. Almaty, 2010. 37 s.
6. Okunev G. A. Potochno-ciklovaya texnologiya uborki zernovyx kul'tur. CHelyabinsk, 1998. 106 s.
7. Saklakov V. D., Okunev G. A. Vliyanie metodov ispol'zovaniya mashin na potrebnost' xozyajstv v texnike i mexanizatorax // Mexanizaciya i elektrifikaciya sel'skogo xozyajstva. 1977. № 9. S. 5–8.
8. Shepelev S. D. Soglasovanie parametrov texnicheskix sredstv v uborochnyx processax : avtoref. dis. ... d-ra texn. nauk. CHelyabinsk, 2010. 37 s.
9. Saklakov V. D. Teoreticheskie osnovy optimizacii texniceskoj osnashhennosti i trudoobespechennosti proizvodstvennyx processov v rastenievodstve // Vestnik CHGAU. 1996. T. 15. S. 83–98.
10. Xramcov I. F. Sovershenstvovanie resursosberegayushhix texnologij v zemledelii Sibiri // Nivy Zaural'ya. 2009. № 10. S. 64–67.
11. Dvurechenskij V. I. Vozdelyvanie zernovyx kul'tur na osnove novej vlagosberegayushhej texnologii i sovremennoj texniki // Pravila vzdelyvaniya sel'skoxozyajstvennyx kul'tur. Kostonaj : TOO «Izdatel'skij dom», 2004. 85 s.
12. Lipkovich E. I. Analiticheskie osnovy sistemy mashin. Rostov-na-Donu, 1983. 112 s.

Okunev Gennady Andreyevich, D. Sc. (Engineering), Professor, the Department “Machine and Tractor Fleet Operation”, South Ural State Agrarian University.
E-mail: kuznetcof@mail.ru.

Kuznetsov Nikolay Aleksandrovich, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor, the Department “Machine and Tractor Fleet Operation”, South Ural State Agrarian University.
E-mail: kuznetcof@mail.ru.

Kanatpaev Sanzhar Sabetovich, graduate student, the Department “Machine and Tractor Fleet Operation”, South Ural State Agrarian University.
E-mail: s.kanatpaev@gmail.com.

The formation of sequential cycles of field work as a reserve of production efficiency

G. A. Okunev, N. A. Kuznetsov, S. S. Kanatpaev

In conditions of limited resource support for agricultural enterprises, the timely completion of field work can be ensured by rationally chosen structures of cultivated crops with the aim of sequentially cyclically performed technological operations for their cultivation and harvesting. When the number of cycles increases, their rational duration gradually decreases but the total loading of equipment increases. As a result, rational crop rotations are ensured, unit costs because of the use of equipment and the level of crop losses due to untimely works are reduced. The most important task in this case is the formation of crop rotation structures, with the market conditions and the natural and production conditions of enterprises being taken into account.

Keywords: cycle, reserve, days, work, crop rotation, crop, costs, loading.

References

1. Saklakov V. D. Potencial proizvodstvennyx processov v rastenievodstve i razrabotka metodov ego effektivnogo ispol'zovaniya : avtoref. dis. ... d-ra texn. nauk. CHelyabinsk, 1990. 46 s.
2. Saklakov V. D. Teoreticheskie osnovy optimizacii texnicheskoy osnashhennosti i trudoobespechennosti proizvodstvennyx processov v rastenievodstve // Vestnik CHGAU. 1996. T. 15. S. 83–98.
3. Saklakov V. D., Okunev G. A. Vliyanie metodov ispol'zovaniya mashin na potrebnost' xozyajstv v texnike i mexanizatorax // Mexanizaciya i elektrifikaciya sel'skogo xozyajstva. 1977. № 9. S. 5–8.
4. Okunev G. A. Potochno-ciklovaya texnologiya uborki zernovyx kul'tur. CHelyabinsk, 1998. 106 s.
5. Gridin N. F. Obosnovanie sostava parka traktorov obshhego naznacheniya dlya mexanizacii proizvodstvennyx processov v rastenievodstve Severnogo Kazaxstana : avtoref. dis. ... d-ra texn. nauk. Almaty, 2010. 37 s.
6. Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya mashinno-traktornogo parka v usloviyax zasushlivogo zemledeliya / G. A. Okunev, S. S. Kanatpaev, A. V. Lukovcev, E. O. Fetisov // Sel'skij mexanizator. 2019. № 9. S. 4–5.
7. SHepelev S. D. Soglasovanie parametrov texnicheskix sredstv v uborochnyx processax : avtoref. dis. ... d-ra texn. nauk. CHelyabinsk, 2010. 37 s.
8. SHepelev S. D., Kravchenko I. N. Povyshenie effektivnosti uborki na osnove ciklichnogo sozrevaniya zernovyx kul'tur // Texnika i oborudovanie dlya sela. 2011. № 7. S. 26–27.
9. SHepelev S. D., Kravchenko I. N. Obosnovanie texnicheskoy osnashhennosti posevnyx processov v usloviyax ogranichenogo resursnogo potenciala rastenievodstva // Vestnik KrasGAU. 2012. № 10. S. 166–170.
10. Kravchenko I. N. Obosnovanie texnicheskoy osnashhennosti posevnyx i zernouborochnyx processov v usloviyax ogranichenogo resursnogo potenciala rastenievodstva : avtoref. dis. ... kand. texn. nauk. CHelyabinsk, 2011. 20 s.
11. Texnicheskoe obespechenie srokov provedeniya polevyx rabot v usloviyax Sibiri / B. D. Dokin, O. V. Elkin, E. A. Lapchenko, S. P. Isakova // Sibirskij vestnik sel'skoxozyajstvennoj nauki. 2014. № 2. S. 60–64.
12. Zybalov V. S. Vliyanie sideal'nyx kul'tur na povyshenie plodorodiya chernozemov YUzhnogo Urala // Materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konferencii. Ekaterinburg : UrGAU, 2018. S. 253–259.

Okunev Gennady Andreyevich, D. Sc. (Engineering), Professor, the Department “Machine and Tractor Fleet Operation”, South Ural State Agrarian University.

E-mail: kuznetcof@mail.ru.

Kuznetsov Nikolay Aleksandrovich, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor, the Department “Machine and Tractor Fleet Operation”, South Ural State Agrarian University.

E-mail: kuznetcof@mail.ru.



Kanatpaev Sanzhar Sabetovich, graduate student, the Department “Machine and Tractor Fleet Operation”, South Ural State Agrarian University.
E-mail: s.kanatpaev@gmail.com.

Phase-frequency analysis of periodic frequency dependencies

V. M. Popov, S. Yu. Panferov, L. A. Saplin

The article shows a method that allows analyzing the frequency dependences of the reflection coefficient of electromagnetic waves. The peculiarity of the method is the use of a stable configuration of the frequency dependence due to binding to a specific point on the response function followed by the frequency shift analysis of this point. The experimental data of a two-factor experiment were processed according to the proposed method. A regression model with the level $R^2 \sim 0.96$ was obtained, with the test result of the regression model according to the F -criterion being 153.2 at $p \ll 0.1$.

Keywords: microwave, radio frequency technology, phase shift, frequency shift, frequency analysis, signal processing.

References

1. Kupfer K. Electromagnetic Aquametry. 2011. P. 171.
2. Skierucha W., Wilczek A., Szyplowska A. Dielectric spectroscopy in agrophysics // Int. Agrophysics. 2012. Vol. 26. № 2. P. 187–197.
3. Polevik N. D., Panferov S. YU. Potochnyj otrazhatel'nyj vlagomer, APK Rossii. 2017. T. 24. № 1. S. 86–90.
4. Polevik N. D. Metody i sredstva bor'by s sornoj rastitel'nost'yu s ispol'zovaniem impul'snyx SVCH-izluchenij : dis. ... kand. texn. nauk. CHelyabinsk : CHGAU, 2007. 218 s. Liu X., Pinto N. G. Frequency domain π -phase-shift reflectometry for soil moisture measurement: I. Theory // Sensors Actuators, A Phys. 1996. Vol. 55. № 2–3. P. 127–132.
5. Wobschall D. A Frequency Shift Dielectric Soil Moisture Sensor // IEEE Trans. Geosci. Electron. 1978. Vol. 16. № 2. P. 112–118.

Popov Vitaly Matveyevich, doctor of technical Sciences, associate Professor, Department of energy supply and automation of technological processes, South Ural State Agrarian University.
E-mail: ntc-es@mail.ru.

Panferov Sergey Yuryevich, graduate student, South Ural State Agrarian University.
E-mail: s.y.panferov@yandex.ru.

Saplin Leonid Alekseyevich, D. Sc. (Engineering), Professor, OOO “Chelyabinsk Compressor Plant”.
E-mail: Lsaplin49@mail.ru.

Thrust bearing assembly for borehole electric pumps and its resource allocation parameters

L. A. Saplin, V. A. Butorin, R. T. Guseynov, I. B. Tsarev

The resource of the thrust bearing assembly for borehole electric pumps is found using a multivariate experiment. The thrust bearing assembly of borehole electric pumps is one of the main parts of a submersible pump installation. The reliability of the thrust bearing assembly significantly affects the resource of the submersible motor, which is one of the main parts of the pump drive electric drive. The submersible electric motor contains two types of bearing units, the first one is radial for the vertical movement of

the rotor of the submersible electric motor, and the second one is persistent for the weight of the rotor and hydraulic pressure at the time of starting the pump installation. As the practice of exploitation and research conducted at the Department of “Electrical Equipment and Electrotechnologies” of South Ural State Agrarian University shows, the wear of the thrust bearing assembly of a submersible electric motor occurs at the moment when the pump unit is turned on and at the moment of shutdown. In the first case, dry heel friction occurs on the thrust bearing of the submersible electric motor; in the second case, braking occurs and leads to wear of the elements of the bearing assembly. The article describes the processing technique for updated experimental data, taking into account the expansion of the range of the impact of the operational factor, i.e. the magnitude of the supply voltage acting on the borehole electric pumps. The processing was carried out through computing in MathCAD program. As a result, the average resource of the bearing assembly was specified taking into account the expansion of the range of the operational factor exposure, which amounted $\bar{T} = 25,330$ cycle. The standard deviation of the resource $\sigma = 7686$ cycle was determined. Using the tables for calculating the reliability of Weibull distribution, the parameters of this law were determined: $a = 13,390$ cycle; $b = 1.6$; $c = 13\,020$ cycle. The materials of the article will be useful to manufacturers and maintenance staff.

Keywords: thrust bearing assembly, resource, distribution density, Weibull distribution.

References

1. Butorin V. A., Carev I. B., Gusejnov R. T. Ocenka resursa upornogo podshipnikovogo uzla pogrúzhnogo elektrodvigateľa // *АПК России*. 2017. Т. 24. № 5. S. 1152–1156.
2. Butorin V. A., Gusejnov R. T. Razrabotka elektricheskoy sxemy dlya provedeniya resursnyx ispytaniy upornogo podshipnikovogo uzla pogrúzhnogo elektrodvigateľa // *Vestnik SGAU im. Vavilova*. 2014. № 3. S. 46–49.
3. Butorin V. A., Gusejnov R. T. Osnovnye faktory, vliyayushhie na resurs podshipnikovyx uzlov pogrúzhnyx elektrodvigatelej // *Materialy LIII Mezhdunar. nauch.-texn. konf. «Dostizheniya nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu»*. Chelyabinsk, 2014. CH. 3. S. 241–246.
4. Butorin V. A., Gusejnov R. T. Razrabotka ispytatel'nogo stenda dlya provedeniya resursnyx ispytaniy upornogo podshipnika pogrúzhnogo elektrodvigateľa marki PEDV // *Vestnik BGAU*. 2014. № 2 (30). S. 64–68.
5. Gusejnov R. T., Babykin E. V. Zavisimost' skorosti iznashivaniya elementov podshipnikovyx uzlov ot dejstvuyushhix faktorov // *Materialy LII Mezhdunar. nauch.-texn. konf. «Dostizheniya nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu»*. Chelyabinsk, 2013. CH. 5. S. 155–158.
6. Butorin V. A., Carev I. B., Gusejnov R. T. Teoreticheskoe obosnovanie resursa upornogo podshipnikovogo uzla pogrúzhnogo elektrodvigateľa // *АПК России*. 2017. Т. 24. № 5. S. 1157–1160.
7. Ocenka parametra nachal'noj skorosti iznashivaniya modeli dolgovechnosti upornogo podshipnikovogo uzla pogrúzhnyx elektrodvigatelej / V. A. Butorin, L. A. Saplin, I. B. Carev, R. T. Gusejnov // *АПК России*. 2019. Т. 26. № 5. S. 801–805.
8. Aipov R. S., Valishin D. E., Muxortova E. I. Sravnitel'nye xarakteristiki skvazhinnyx centrobezhnyx nasosov i plunzhernyx s linejnym asinxronnym elektroprivodom // *Materialy IX Mezhdunar. nauch.-prakt. konferencii / pod obshh. red. V. A. Trushkina*. 2018. S. 3–4.
9. Aipov R. S., Valishin D. E. Issledovanie privoda skvazhinного plunzhernogo nasosa na baze CLAD s nepolnofaznym rezhimom raboty // *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2017. № 3 (43). S. 43–49.
10. Gerasimova M. N., Loginov A. YU. Ocenka texnicheskogo sostoyaniya centrobezhного nasosa po kompleksnomu pokazatelyu // *Vestnik IrGSXA*. 2017. № 81-1. S. 96–102.
11. Loginov A. YU., Prudnikov A. YU. Opisanie processa izmeneniya chastoty vrashheniya rotora asinxronного dvigateľa s pomoshh'yu dinamicheskogo zvena vtorogo poryadka // *Vestnik IrGSXA*. 2017. № 81-2. S. 111–116.
12. Prudnikov A. YU., Bonnet V. V., Loginov A. YU. Matematicheskaya model' asinxronного dvigateľa s ekscentrisitetom rotora // *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2015. № 6. S. 94–97.



13. Pet'ko V. G., Fomin M. B. Analiz uslovij obledneniya vodonapornoj bashni rozhnovskogo v sisteme vodosnabzheniya ob"ektov APK // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 1 (63). S. 85–89.
14. Nekrasov A. A. Diagnostika podshipnikov elektrodvigatelej // Sel'skij mexanizator. 2016. № 8. S. 34–37.
15. Gritsenko A., Kukov S., Glemba K. Theoretical underpinning of diagnosing the cylinder group during motoring // Procedia Engineering 2. Ser. «2nd International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2016». 2016. C. 1182–1187.
16. Razrabotka metoda i sredstva diagnostirovaniya elektrobzenzasosov sistemy toplivopodachi DVS / A. V. Gricenko [i dr.] // Transport: nauka, texnika, upravlenie. 2015. № 1. S. 40–44.
17. Diagnostirovanie elektricheskix benzinovyx nasosov po kompleksnym vyhodnym parametram / A. M. Plaksin [i dr.] // Fundamental'nye issledovaniya. 2014. № 11–12. S. 2610–2614.
18. Gricenko A. V., Cyganov K. A. Diagnostirovanie elektricheskix benzenasosov avtomobilej // Mexanizaciya i elektrifikaciya sel'skogo xozyajstva. 2013. № 4. S. 22–23.
19. Rezul'taty issledovaniya vyhodnyx xarakteristik elektricheskix nasosov avtomobilej pri imitacii soprotivleniya v nagnetatel'nom toplivoprovode / A. V. Gricenko [i dr.] // Fundamental'nye issledovaniya. 2014. № 11–5. S. 991–995.
20. Gricenko A. V., Cyganov K. A. Diagnostirovanie elektricheskix benzenasosov sistemy pitaniya avtomobilej s mikroprocessornoj sistemoj upravleniya dvigatelem // Materialy LII Mezhdunar. nauch.-texn. konf. «Dostizheniya nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu». CHelyabinsk : CHGAA, 2013. S. 49–55.
21. Vlasov D. B., Gricenko A. V. Diagnostirovanie elektricheskix nasosov avtomobilej // Aktual'nye napravleniya nauchnyx issledovanij XXI veka: teoriya i praktika. 2015. T. 3. № 4–1 (15–1). S. 176–180.
22. Diagnostirovanie elektricheskix nasosov po sile toka pitaniya pri soprotivlenii v toplivosisteme / K. V. Glemba, A. V. Gricenko, K. A. Cyganov, D. B. Vlasov // Evrazijskoe Nauchnoe Ob"edinenie. 2015. T. 1. № 11 (11). S. 16–18.
23. Grunichev A.S., Mixajlov A.I., SHor YA.B. Tablicy dlya raschetov nadezhnosti pri raspredelenii Vejbulla. M. : Izd-vo standartov, 1974. 64 s.

Saplin Leonid Alekseyevich, D. Sc. (Engineering), Professor, OOO “Chelyabinsk Compressor Plant”.

E-mail: butorin_chgau@list.ru.

Butorin Vladimir Andreyevich, D. Sc. (Engineering), Professor, South Ural State Agrarian University.

E-mail: butorin_chgau@list.ru.

Guseynov Ruslan Tofikovich, postgraduate student, South Ural State Agrarian University.

E-mail: ruslan-ural8@mail.ru.

Tsarev Igor Borisovich, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor, South Ural State Agrarian University.

E-mail: tsarev@citydom.ru.

Calculating the design and technological parameters of the electrofilter-ozonizer for drying pollen load

L. A. Saplin, T. A. Pykhtina, O. A. Guseva

The technological requirements to the electrofilter-ozonizer for drying the pollen load are formulated and its layout is created. A method for calculating the design and technological parameters of the

electrofilter-ozonizer has been developed, which allows theoretically and experimentally determining the parameters of the device that can simultaneously extract dusty contaminants from the air stream and obtain ozone-air mixture with the given ozone concentration to protect raw materials from microflora. The design and technological parameters of the electrofilter-ozonizer were calculated and the diagram of changing ozone concentration versus the length of the corona electrode was obtained.

Keywords: pollen load, seed contamination, drying, ozone-air mixture, two-phase air purification, electrofilter-ozonizer.

References

1. *Produkty pchelovodstva i zdorov'ye cheloveka* / M. F. SHemetkov, D. K. SHapiro, I. K. Danusevich. Mn. : Uradzhaj. 102 s.
2. Pat. 2363151 Ros. Federaciya. Sposob prigotovleniya korma iz pchelinoj obnozhki. №2008120742; zayavl. 23.05.2008 ; opubl. 10.08.2009, Byul. № 22.
3. Ishmuratov N. M., Cikolenko S. P., Gordievskix M. L. Pokazateli kachestva pchelinoj obnozhki, poluchennoj na YUzhnoj Urale, i rezul'tata ee konservirovaniya po novej texnologii // *Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya pishhevoj promyshlennosti i obshhestvennogo pitaniya* : sb. mater. III Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem / YUURGU. CHelyabinsk, 2010. S. 267–270.
4. Gordievskix M. L., Pyxtina T. A. Obosnovanie sposoba i konstrukcii ustrojstva dlya sushki pchelinoj obnozhki // *APK Rossii*. 2015. № 72/2. S. 97–102.
5. Lebedev V. I., YAkovlev A. S. *Texnologiya proizvodstva cvetochnoj pyl'cy na pasekax*. M., 1995. S. 3–4.
6. Sushka pyl'cevoj obnozhki v infrakrasnyx luchax / S. K. Volonchuk, G. P. CHekryga, T. T. Kuzneva, I. G. Treshhuk // *Pchelovodstvo*. 2010. № 2. S. 52–53.
7. Gordievskix M. L., Pyxtina T. A. Issledovanie zavisimostej processa sushki i obezzarazhivaniya pchelinoj obnozhki v «kipyashhem sloe» teplogo ozonirovannogo vozduxa // *Materialy LII Mezhdunar. nauch.-texn. konf. «Dostizhenie nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu»*. CHelyabinsk : CHGAA, 2013. CH. 3. S. 140–146.
8. Gordievskix M. L., Pyxtina T. A. Issledovanie izmeneniya svojstv pchelinoj obnozhki v processe sushki i xraneniya // *Materialy LI Mezhdunar. nauch.-texn. konf. «Dostizhenie nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu»*. CHelyabinsk : CHGAA, 2012. CH. 3. S. 83–89.
9. Pyxtina T. A., Cikolenko S. P. Sposob prigotovleniya pchelinoj obnozhki dlya podkormki pchelinyx semej v usloviyax zashhishhennogo grunta // *Materialy regional'noj nauch.-prakt. konferencii*. Sibaj, 2009. S. 115–117.
10. Cikolenko S. P., Gordievskix M. L., Cikolenko A. S. Obezzarazhivanie ozonom pchelinoj pyl'cevoj obnozhki i uglevodnogo korma // *Gavrish*. 2011. № 1. S. 36–38.
11. Voloshin A. P., Voloshin S. P. Elektrotexnologicheskie sposoby sushki cvetochnoj pyl'cy // *Sel'skij mexanizator*. 2018. № 7–8. S. 30–31.
12. *Processy i apparaty pishhevix proizvodstv: primery i zadachi* / A. P. Nikolaev [i dr.]. Kiev : Vyssh. shk., 1992. 232 s.
13. Pavlov K. F., Romankov P. G., Noskov A. A. *Primery i zadachi po kursu processy i apparaty ximicheskoy texnologii : ucheb. posob. dlya vuzov / pod red. P. G. Romankova*. L. : Ximiya, 1981. 560 s.
14. *Texnika pyleulavlivaniya i ochistki promyshlennyx gazov : spravoch. izd.* M. : Metallurgiya, 1986. 544 s.
15. Kanar Y., Mazi B. G. Effect of different drying methods on antioxidant characteristics of bee-pollen // *Journal of food measurement and characterization*. 2019. T. 13. C. 3376–3386.
16. Isik A., Ozdemir M., Doymaz I. Effect of hot air drying on quality characteristics and physico-chemical properties of bee pollen // *Food science and technology*. 2019. T. 1. C. 224–231.

Saplin Leonid Alekseyevich, D. Sc. (Engineering), Professor, OOO “Chelyabinsk Compressor Plant”.

E-mail: Lsaplin49@mail.ru.



Pykhtina Tatyana Andreyevna, graduate student of the Department of the Department “Power Supply and Automation of Technological Processes”, South Ural State Agrarian University.
E-mail: t.pykhtina@yandex.ru.

Guseva Olga Anatolyevna, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor of the Department “Power Supply and Automation of Technological Processes”, South Ural State Agrarian University.
E-mail: gusevaoa2010@mail.ru.

Water injection used to increase tractor engine power

A. V. Startsev, A. S. Guzenko, M. A. Vasiliev, V. N. Vanin

The article provides a retrospective analysis of the use of water injection to increase the thermal engine power of an agricultural tractor and its further development in aviation. Water injections are found to be a productive way to increase the average effective pressure, engine power and to decrease detonation. The average increase in power is 10...20%. The use of water injection on serial engines of agricultural tractors requires the use of automated control systems with adjustable water supply depending on the temperature regime, which requires further development of control algorithms and improvement of actuators.

Keywords: heat engine, tractor, water injection, effective pressure, power.

References

1. Vprysk parov vody v toplivnuyu smes' DVS. Rezhim dostupa : https://rakarskiy.io.ua/s482116/vprysk_parov_vody_v_toplivnuyu_smes_dvs.
2. Voda kak dobavka k toplivu. Rezhim dostupa : <https://globecore.ru/stati/danilov/14-voda-kak-dobavka-k-toplivu.html>.
3. Kuznecov I. G. Znachenie podachi vody v dvigatel' traktora // Mexanizaciya socialisticheskogo sel'skogo xozyajstva. 1937. № 4.
4. Bazhenov SH. Bez vpryska vody v cilindry STZ-XTZ ne rabotat' // Traktorist-kombajner. 1940. VIII. № 15. 1940.
5. STZ-XTZ 15/30 // Texnika molodezhi. M., 1975. № 2. Rezhim dostupa : http://technicamolodezhi.ru/rubriki_tm/stz-htz_15_30/stz-htz_15_30.
6. Vprysk vody v aviacionnye dvigateli / N. F. Kajdash, K. K. Papok, E. V. Lyubanovskij, YU. P. Blonskij. M. : Nauchno-issledovatel'skij institut GVF, Redakcionno-izdatel'skij otdel Aeroflota, 1946. 96 s. : il.
7. Nikolaev A. Serdce istrebitelya. Rezhim dostupa : <https://web.archive.org/web/20071027071721/http://engine.avias.com/issues/07/page44.html>.
8. Uvelichenie moshhnosti aviacionnyx dvigatelej pri pomoshhi dopolnitel'nogo vpryska. Rezhim dostupa : <http://alternathistory.com/uvelichenie-moshhnosti-aviatsionnyh-dvigatelej-pri-pomoshhi-dopolnitelnogo-vpryska/>.
9. Ivanov S. V. Messerschmitt Bf 109. CH. 3. Rezhim dostupa : <https://military.wikireading.ru/26769>.
10. Istrebitel' Fokke-Vul' fFW-190 (Germaniya) // Armii i Soldaty / Voennaya enciklopediya / Aviaciya / Voennaya aviaciya v period s 1937 po 1945 g. Rezhim dostupa : <http://armedman.ru/samoletyi/1937-1945-samoletyi/istrebitel-fokke-vulf-fw-190-germaniya.html>.
11. Prescott Ford L. Military Aircraft Engines of the Future. Mech. Eng. 1936. Vol. 58. № 3. P. 157–161.
12. Kuhring M. S. Water and Water-Alcohol Injection in a Supercharged Jaguar Aircraft Engine. Canadian Jour. Res., sec. A. 1938. Vol. 16. P. 149–176.
13. The Induction of Water to the Inlet Air as a Means of Internal cooling in Aircraft-engine Cylinders. Report № 756 // Addison M. Rothrock, Alois Krsek, Jr., and Anthony W. Jones / Langley Memorial Aeronautical Laboratory NACA. Langley Field, Va., August 15, 1942.

14. End-zone Water injection as a Means of Suppressing knock in a Spark-ignition Engine. Wartime Report // Rinaldo J. Brun, H. Lowell Olsen, and Cearcy D. Miller / Cleveland Aircraft Engine Research Laboratory NACA, Ohio. Originally Issued September 1944 as Restricted Bulletin E4127.

15. P-47 «Тандерболт» // Авиация и космонавтика (АиК). 2004. № 7. Режим доступа : http://www.libma.ru/transport_i_aviacija/aviacija_i_kosmonavtika_2004_07/p5.php.

16. Kudishin I. V., Il'in V. E. Voenno-transportnaya aviaciya zarubezhnyx stran. M. : OOO «Izdatel'stvo Astrel'» ; OOO «Izdatel'stvo AST», 2001. 128 s. : il. (Sovremennaya aviaciya).

17. Boeing KC-135 Stratotanker. Rezhim dostupa: https://ru.wikipedia.org/wiki/Boeing_KC-135_Stratotanker.

18. Pratt & Whitney J57. Rezhim dostupa: https://ru.wikipedia.org/wiki/Pratt_%26_Whitney_J57.

19. Startcev A., Romanov S., Vagina O. Increasing Engine Power by Applying Water Injection // Lecture Notes in Mechanical Engineering: Proceedings of the 4th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2018). Part F4. P. 2071–2078 (First Online: 07 December 2018).

20. Startcev A., Romanov S., Romanova G. Influence of Water Injection on Performance of Diesel Engine // Lecture Notes in Mechanical Engineering: Proceedings of the 4th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2018). Part F4. P. 2089–2095 (First Online: 07 December 2018).

21. Ekonomicheskaya ocenka effektivnosti ispol'zovaniya vodnoj i vodospirtovoj inzhekcii v dizel'nyx dvigatelyax / A. V. Starcev, O. N. Vagina, S. V. Romanov, D. V. Vagin // APK Rossii. 2015. T. 74. S. 183–191.

Startsev Andrey Vasilyevich, D. Sc. (Engineering), Professor, South Ural State Agrarian University.
E-mail: sav.63.10.04@mail.ru.

Guzenko Andrey Sergeevich, Associate Professor, Head of Department, Military Educational-Scientific Center of Air Forces “Air Force Academy”, Chelyabinsk.
E-mail: sav.63.10.04@mail.ru.

Vasiliev Mikhail Aleksandrovich, Associate Professor, Deputy Head of Department, Military Educational-Scientific Center of Air Forces “Air Force Academy”, Chelyabinsk.
E-mail: sav.63.10.04@mail.ru.

Vanin Vladimir Nikolayevich, Associate Professor, Military Educational-Scientific Center of Air Forces “Air Force Academy”, Chelyabinsk.
E-mail: sav.63.10.04@mail.ru.

The technological process of cleaning shallow water reservoirs with a universal hydraulic unit

S. A. Tarasyants, Y. A. Tsarevsky, V. N. Shiryayev, E. P. Pestrikova, N. O. Shiryayeva

The design of a universal small-sized hydraulic unit for cleaning shallow water reservoirs, antechambers of pumping stations is proposed, with the technological process of its operating being described. A procedure for calculating hydromechanical equipment, i.e. a jet apparatus and a centrifugal dredger during their sequential operation, is proposed. The technological process of the installation operated with the help of the ejector method for collecting and transporting pulp is described.

Keywords: dredge pump, centrifugal dredger, transported pulp, ejector, hydraulic mixture, excavation depth.

References

1. Rabochie parametry gruntozabornyx ustrojstv plavuchix zemlesosnyx snaryadov i ix konstruktivnye osobennosti / N. I. Levanov, I. M. YAltanec, I. T. Mel'nikov, V. M. Dyatlov ; pod red. I. M. YAltanca. M. : Izd-vo Moskovskogo gornogo universiteta, 2014. 235 s. : il.



2. Urzhumov D. V. Sovershenstvovanie sposobov ochistki meliorativnyx vodoemov ezhektornozemlesosnymi snaryadami : avtoref. dis. ... kand. texn. nauk. Volgograd, 2007. 23 s.

3. Pat. №181423 RF, MPK F 04 F 5/10. Strujnyj nasos dlya ryxleniya, zabora i transportirovki uplotnennyx ilovyx otlozhenij / P. V. Pashkov, V. N. SHiryayev, D. S. Efimov, S. A. Taras'yanc ; zayavitel' i patentoobladatel' NIMI Donskoj GAU. № 2018107113 ; zayavl. 26.02.2018 ; opubl. 13.07.2018, Byul. № 20.

4. Idel'chik, I. E. Spravochnik po gidravlicheskim soprotivleniyam. M. : Gosenregoizdat, 1960. 43 s.

5. A. s. 1620693 SSSR. Strujnyj nasos MPK F04F 5/10 / S. A. Taras'yanc, A. G. CHarkin ; zayavl. 12.01.1989 ; opubl. 15.01.91, Byul. № 2.

Tarasyants Sergey Andreyevich, D. Sc. (Engineering), Professor, the Department of Water Supply and Use of Water Resources, Novoчерkassk Reclamation Engineering Institute named after A.K. Kortunov, Don State Agrarian University.

E-mail: starasyancz@mail.ru.

Tsarevsky Yaroslav Anverovich, General Director, AO "Anapa Vodokanal".

E-mail: parshukov.74@mail.ru.

Shiryayev Vadim Nikolayevich, Head of Laboratory, Research Institute of Land Reclamation Technologies, the Department of Hydrotechnical Construction, Novoчерkassk Reclamation Engineering Institute named after A.K. Kortunov, Don State Agrarian University.

E-mail: vadik334@mail.ru.

Pestrikova Ekaterina Pavlovna, graduate student, the Department of Water Supply and Use of Water Resources, Novoчерkassk Reclamation Engineering Institute named after A.K. Kortunov, Don State Agrarian University.

E-mail: pestrikova1997@inbox.ru.

Shiryayeva Natalya Olegovna, graduate student, the Department of Land Reclamation, Novoчерkassk Reclamation Engineering Institute named after A.K. Kortunov, Don State Agrarian University.

E-mail: n.shiryayeva61@yandex.ru.

The magnetic field concentrator and the quintessence of its operation in UMS-4M installation

V. I. Charykov, A. A. Evdokimov, V. A. Novikova, L. A. Saplin

Increasing demands on the accuracy of manufacturing and repairing of component parts pose the most important problem of the rational use of process fluids. The article presents the results of studying the magnetic field concentrator of an electromagnetic separator for cleaning cutting fluids used in turn-milling machines. It is shown that in concentrators the deposition of ferromagnetic impurities occurs in the cell corners. The diagrams of the forces acting on a ferromagnetic particle during its movement along three possible trajectories in the concentrator cell are obtained.

Keywords: electromagnetic installation, separator, magnetic induction, concentrator, work zone, cell, effort.

References

1. Sumcov V. F. Elektromagnitnye zhelezootdeliteli. M. : Mashinostroenie, 1981. 212 s.
2. Zuev B. C., CHarykov V. I. Elektromagnitnye separatory: teoriya, konstrukciya. Kurgan : Zaural'e, 2002. 178 s.

3. Butorin V. A., Charykov V. A., Evdokimov A. A. Elektromagnitnyj separator UMS-4M: ot matematicheskoy modeli do konstrukcii // APK Rossii. YUUrGAU. 2017. T. 24. № 1. S. 43–49.

4. Evdokimov A. A., Charykov V. I. Ochistka smazочно-oxlazhdayushhix zhidkostej na mashinno-technologicheskix stanciyax elektromagnitnym separatorom // Materialy LII Mezhdunar. nauch.-texn. konf. «Dostizhenie nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu». Chelyabinsk : CHGAA, 2013. S. 253–256.

5. Charykov V. I., Evdokimov A. A., Sokolov S. A. Teoreticheskij analiz raboty elektromagnitnogo separatora UMS-4M // Vestnik Ul'yanovskoj GSXA. 2014. № 1 (25). S. 146–152.

6. Charykov V. I., Evdokimov A. A. Kompleks elektromagnitnoj deferrizacii zhidkix produktov // Materialy Vserossijskoj (nacional'noj) nauch.-prakt. konf. «Prioritetnye napravleniya razvitiya energetiki v APK». Kurgan : KGSXA, 2018. S. 247–250.

7. Charykov V. I., Evdokimov A. A., Mityunin A. A. Teoreticheskoe obosnovanie processa vydeleniya ferromagnitnyx materialov iz sypuchej sel'skoxozyajstvennoj smesi // Vestnik Kurganskoj GSXA. 2013. № 3 (3). S. 67–69.

8. Evdokimov A. A., Charykov V. I. Issledovanie raspredeleniya indukcii magnitnogo polya v mezhpolyusnom prostranstve separatora UMS-4M // Agrarnyj vestnik Urala. 2015. № 4 (134). S. 53–57.

Charykov Victor Ivanovich, D. Sc. (Engineering), Professor, Professor of the Department of Electrification and Automation of Agriculture, Kurgan State Agricultural Academy by T.S. Maltsev.

E-mail: viktor52-chimesh@yandex.ru.

Evdokimov Aleksandr Andreyevich, Cand. Sc. (Engineering), senior lecturer of the Department of Power Supply, Surgut State University.

E-mail: viktor52-chimesh@yandex.ru.

Novikova Valentina Aleksandrovna, Cand. D. Sc. (Engineering), Professor, Professor of the Department of Electrification and Automation of Agriculture, Kurgan State Agricultural Academy by T.S. Maltsev.

E-mail: viktor52-chimesh@yandex.ru.

Saplin Leonid Alekseyevich, D. Sc. (Engineering), Professor, OOO “Chelyabinsk Compressor Plant”.

E-mail: Lsaplin49@mail.ru.

VETERINARY SCIENCES

Probiotics based on Bacillus strains for feeding quail

**O. G. Merzlyakova, G. V. Kalmykova, N. I. Akulova,
V. A. Rogachev, V. G. Chegodaev, V. G. Shelepov**

The biological properties of *Bacillus subtilis* and *Bacillus licheniformis* probiotic strains are studied; the effectiveness of using these probiotics and their consortium in the diet of quail during the growing and productive use of poultry is considered. An experiment during 242 days was carried out on daily quail of the Japanese breed. There were four similar groups of 80 animal units each, kept in a cell battery with the required microclimate conditions. Poultry of all groups had feed of the main diet; the quails of the 1st, 2nd and 3rd experimental groups, unlike the control ones, were additionally fed with probiotics based on strains of *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis* and their consortium in the amount of 150 g/t of feed, respectively. The selected probiotic strains of *Bacillus subtilis* and *Bacillus licheniformis* were found to have a wide spectrum of antibacterial activity against gram-positive and gram-negative pathogens and to be sensitive to most of the investigated antibiotics. The use of the consortium of *Bacillus subtilis* and *Bacillus licheniformis* strains in the quail diets was the most effective: it provided (in relation to the control



group) an increase in the chickens' safety by 4.0%, an average daily poultry gain in live weight by 2.57% and a decrease in feed consumption per unit of production by 6.48%. The hens' laying capacity increased by 7.81%, the egg mass yield by 9.77%, the hatching egg output by 7.03%, the chickens' hatchability by 8.33%. At the same time, the feed consumption for 10 eggs decreased by 13.35%, incubation waste reduced by 21.74%. The economic effect in the 3rd experimental group was 4.79% (quail meat) and 14.56% (laying eggs).

Keywords: probiotics, strains, *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, quail, daily average gain, egg production.

References

1. Intestinal morphologic and microbiota responses to dietary *Bacillus* spp. in a broiler chicken model / C. Li [et al.] // *Front Physiol.* 2018. Vol. 9: 1968. Doi:10.3389/fphys.2018.01968.
2. Valeriano V., Balolong M., Kang D. Probiotic roles of *Lactobacillus* spp. in swine: insights from gut microbiota // *J. Appl. Microbiol.* 2017. Vol. 122. P. 554–567. Doi: 10.1111/jam.13364.
3. Jeong J., Kim I. Effect of *Bacillus subtilis* C-3102 spores as a probiotic feed supplement on growth performance, noxious gas emission, and intestinal microflora in broilers // *Poult. Sci.* 2014. Vol. 93. P. 3097–3103. Doi: 10.3382/ps.2014-04086.
4. Growth performance and meat quality of broiler chickens supplemented with *rhodospseudomonasपालुस्त्रिस* in drinking water / Q. Xu [et al.] // *Asian Austr. J. Anim. Sci.* 2012. Vol. 25. P. 682–689. Doi: 10.1080/00071668.2014.903326.
5. Clavijo V., Flórez, M. The gastrointestinal microbiome and its association with the control of pathogens in broiler chicken production: a review // *Poult. Sci.* 2017. Vol. 97. P. 1006–1021. Doi: 10.3382/ps/pex359.
6. Yang J., Zhan K., Zhang M. Effects of the use of a combination of two *Bacillus* species on performance, egg quality, small intestinal mucosal morphology, and cecal microbiota profile in aging laying hens // *Probiotics and Antimicrobial Proteins.* 2019. Doi: org/10.1007/s12602-019-09532-x.
7. WHO/FAO scientific document http://who.int/foodsafety/fs_management/en/probiotic_guidelines.pdf. Accessed 11 Feb 2018.
8. EFSA NDA Panel (EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies). General scientific guidance for stakeholders on health claim applications // *EFSA Journal.* 2016. Vol. 14. P. 4367-4438. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2016.4367>.
9. European Food Safety Authority (EFSA). Technical guidance – update of the criteria used in the assessment of bacterial resistance to antibiotics of human or veterinary importance // *EFSA J.* 2008. Vol. 732. P. 1–15. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2008.732>.
10. Antibiotic resistance – the interplay between antibiotic use in animals and human beings / R. Singer [et al.] // *Lancet Infect Dis.* 2003. Vol. 3. P. 47–51.
11. Body growth, intestinal morphology and microflora of quail on diets supplemented with micronised wheat fibre / M. Rezaeia [et al.] // *Poultry Science.* 2018. Vol. 59. P. 422–429. Doi: 10.1080/00071668.2018.1460461.
12. The behavior of the Japanese or Domestic Quail *Coturnix Japonica* / A. Mills, L. Crawford, M. Domjan, J. Faure // *Neuroscience and Biobehavioral Reviews.* 1997. Vol. 21. P. 261–281. Doi:10.1016/S0149-7634(96)00028-0.
13. Gerxardt F. *Metody obshhej bakteriologii.* M : Mir, 1984. 264 s.
14. Specific properties of probiotic strains: relevance and benefits for the host / R. Bubnov [et al.] // *EPMA Journal.* Doi: 10.1007/s13167-018-0132-z.
15. Metodika provedeniya nauchnyx i proizvodstvennyx issledovanij po kormleniyu sel'skoxozyajstvennoj pticy / RASXN; MNTC «Plemptica»; GNU VNITIP; pod obshh. red. V. I. Fisinina i SH. A. Imangulova. *Sergiev Posad*, 2000. 33 s.
16. Rekomendacii po kormleniyu sel'skoxozyajstvennoj pticy / RASXN; MNTC «Plemptica»; GNU VNITIP; pod obshh. red. V. I. Fisinina, SH. A. Imangulova, I. A. Egorova, T. M. Okolelovoj. *Sergiev Posad*, 2003. 142 s.

Merzlyakova Olga Grigoryevna, senior researcher, Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnology, the Russian Academy of Sciences, Siberian Research Institute of Animal Husbandry.
E-mail: mer3l@meil.ru.

Kalmykova Galina Vasilyevna, Cand. Sc. (Biology), leading researcher, Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnology, the Russian Academy of Sciences, Siberian Research Institute of Animal Husbandry.
E-mail: qvkalmyk@mail.ru.

Akulova Nadezhda Ivanovna, senior researcher, Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnology, the Russian Academy of Sciences, Siberian Research Institute of Animal Husbandry.
E-mail: Akulova_ni@nqs.ru.

Rogachev Victor Aleksandrovich, D. Sc. (Biology), Head of the Laboratory, Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnology, the Russian Academy of Sciences, Siberian Research Institute of Animal Husbandry.
E-mail: helmmet@mail.ru.

Chegodayev Victor Gavrilovich, Cand. Sc. (Biology), senior researcher, Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnology, the Russian Academy of Sciences, Siberian Research Institute of Animal Husbandry.
E-mail: helmmet@mail.ru.

Shelepov Victor Grigoryevich, D. Sc. (Biology), Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnology, the Russian Academy of Sciences, Siberian Research Institute of Feed.
E-mail: helmmet@mail.ru.

White blood cells and their morphological features in calves raised in a technogenic province

Zh. S. Rybyanova, M. A. Derkho

The leukocyte composition of blood and the morphological characteristics of lymphocytes in calves raised in the zone of mining enterprises is studied, with the object of study being 3 experimental groups of white-and-black 1-, 3- and 6-month-old heifers ($n = 9$) formed by the principle of approximate analogues. The total number of leukocytes in the blood of 1-month-old heifers was found to be $4.36 \pm 0.12 \cdot 10^9/l$ with the normal content of granulocytes and agranulocytes in the leucogram and the ratio between PN/SN and PN+SN/lymphocytes at the level of 0.10 ± 0.01 and 0.32 ± 0.03 relative units. In the blood of 3-month-old animals, the concentration of leukocytes increased up to $6.80 \pm 0.30 \cdot 10^9/l$, but in the leucogram the number of segmented neutrophils, monocytes and lymphocytes differed from the normal range by 13.35; 17.00 and 1.80%, determining a decrease in the magnitude of PN+SN/lymphocytes by 21.85% ($p < 0.05$). Similar changes were detected in the leucogram of 6-month-old animals, but the white blood cell count was $4.42 \pm 0.10 \cdot 10^9/l$. The heifers' age was found to affect the size ratio of lymphocytes: large (48.00%) and medium (54.00%) cell forms predominate in blood smears of 1-month-old animals. In the blood of 6-month-old heifers the number of large (3.69 times) and medium (1.42 times) lymphocytes decreases while the small ones increasing (8.16 times).

Keywords: blood, white blood cells, leucogram, lymphocyte size, calves.

References

1. Semenova I. N., Abdullina L. A., Rafikova YU. S. Zagryaznenie ob'ektov okruzhayushhej sredy v zone vliyaniya Buribaevskogo gorno-obogatitel'nogo kombinata i pokazateli zabolevaemosti nasele-niya // Fundamental'nye issledovaniya. 2011. № 10. S. 558–560.



2. Opekunova M. G. Diagnostika texnogennoj transformacii landshaftov na osnove bioindikacii : avtoref. dis. ... d-ra geogr. nauk. SPb. : Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj universitet, 2013. 36 s.
3. SHarif'yanova V. R. Soderzhanie tyazhelyx metallov v pochvax OOO «Zaozernyj» lesostepnoj zony YUzhnogo Urala // Uchenye zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny. 2013. T. 214. S. 488–493.
4. Ryb'yanova ZH. S., Derxo M. A. Osobennosti morfologii eritrocitov v organizme telyat v usloviyax texnogennoj provincii // APK Rossii. 2017. T. 24. № 3. S. 687–692.
5. Ryb'yanova ZH. S., Derxo M. A. Vidy transformacij eritrocitov u korov v usloviyax texnogennoj provincii // Uchenye zapiski Kazanskoj GAVM im. N. E. Baumana. 2019. T. 238. № 2. S. 170–175.
6. Erythrocytes and Their Transformations in the Organism of Cows / M. Derkho [et al.] // Inter. Journal of Veterinary Science. 2019. Vol. 8 (2). P. 61–66.
7. Derxo M. A., Sockij P. A. Vliyanie kumulyacii tyazhelyx metallov v organizme bychkov na nekotorye funkicii pecheni // Veterinarnyj vrach. 2008. № 1. S. 16–19.
8. Arushanyan E. B., El'bek'yan K. S. Immunotoksichnost' solej metallov i zashhitnaya rol' epifizarnyx faktorov // Biomedicinskaya ximiya. 2006. T. 5. Vyp. 6. S. 547–555.
9. SHEjbak V. M., Pavlyukovec A. YU. Immunotoksicheskie i immunoregulyatornye efekty vozdejstviya svinca na organizm mlekopitayushhix // Problemy zdorov'ya i ekologii. 2012. № 1 (31). S. 120–125.
10. Xvastunova A. N. Parallel'noe issledovanie morfologii i immunofenotipa normal'nyx i patologicheskich limfocitov s pomoshh'yu kletchnogo biochipa : dis. ... kand. biol. nauk. M. : FBUN CTPFXF RAN, 2015. 130 s.
11. Aglyupina A. R., ZHukov A. P., Radaev I. V. Vozrastnye izmeneniya morfologii krovi telyat iz texnogennoj provincii Orenburzh'ya // Vestnik OGU. 2006. № 12. S. 91–94.
12. Barashkin M. I. Vliyanie razlichnyx faktorov na immunnuyu sistemu krupnogo rogatogo skota pri promyshlennyx texnologiyax soderzhaniya // Agrarnyj vestnik Urala. 2015. № 2. S. 16–19.
13. Derxo M. A., Sockij P. A. Xarakteristika vliyaniya faktorov prirodnoj sredy na aktivnost' organov lejkopoeza v organizme bychkov // Agrarnyj vestnik Urala. 2010. № 4 (70). S. 86–88.
14. Moskvina A. S. Izmenenie morfofiziologicheskix pokazatelej krovi telyat s vozrastom i v processe vakcinacii // Rossijskij veterinarnyj zhurnal. Sel'skoxozyajstvennye zhivotnye. 2012. № 1. S. 28–30.
15. Sajfutdinova L. V., Derxo M. A. Lejkocity i ix informativnost' v ocenke napryazhennosti stressreakcii u kur-nesushek // Izvestiya OGAU. 2019. № 1 (75). S. 136–139.
16. Sled A. N., Derxo M. A. Lejkocity i osobennosti ix vzaimosvyazej s kortizolom i progesteronom v organizme suxostojnyx korov // Izvestiya OGAU. 2019. № 1 (75). S. 133–136.
17. Karamaeva A. S., Zajcev V. V. Dinamika pokazatelej estestvennoj rezistentnosti telyat raznyx porod // Izvestiya OGAU. 2010. Rezhim dostupa : cyberleninka.ru/article/n/dinamika-pokazatili-estestvennoj (data obrashheniya 20.11.2019).
18. Medvedeva M. A. Klinicheskaya veterinarnaya laboratornaya diagnostika. Spravochnik dlya veterinarnyx vrachej. M. : Akvarium-Print, 2008. S. 132–134.
19. Kolesnik E. A., Derxo M. A. Xarakteristika problematiki morfofiziologii kletok krovi neonatal'nogo ontogeneza kur. Soobshhenie II. Xarakteristika differencial'nyx morfofiziologicheskix markerov formennyx elementov krovi ptic // APK Rossii. 2019. T. 26. № 4. S. 644–652.
20. Shhekoldin V. F. Gipoteza o biologo-funktional'noj sushhnosti limfocitov perifericheskoy krovi cheloveka // Al'manax sovremennoj nauki i obrazovaniya. 2014. № 2 (81). S. 186–190.

Rybyanova Zhanna Sergejevna, graduate student, South Ural State Agrarian University.
E-mail: khimecugavm@inbox.ru.

Derkho Marina Arkadyevna, D. Sc. (Biology), Professor, Head of the Department of Natural Sciences, South Ural State Agrarian University.
E-mail: derkho2010@yandex.ru.

STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCE

The effectiveness of a biologically active complex in the prevention and comprehensive treatment of obstructive pulmonary disease

A. A. Vekovtsev, E. Yu. Lobach, V. M. Poznyakovskiy

Chronic diseases of the bronchopulmonary system are pervasive as steadily growing among the able-bodied population. The drug fight with the symptoms of the pathology in question may be insufficient and cause more severe respiratory infections. Effective support for metabolic disorders being diet therapy with using biologically active additives (BAA), a new plant-based tablet biocomplex containing synergistically active ingredients in scientifically based quantities and ratios is developed. Biologically active additives (2 tablets) were included in the main therapy for 20 patients suffering from chronic obstructive pulmonary disease (COPD) during 21 days. The recommended amount of the biocomplex provided the following, mg: flavonoids (rutin) – 16; quercetin – 11.2; ascorbic acid – 45; tannin – 24. The control group was traditionally treated. The patients treated with the biocomplex were noted to have a decrease in coughing and shortness of breath 3 days earlier. The maximum exhalation rate increased at small bronchi being the evidence of improved ventilation, with the severity of obstruction of the bronchial tree being also noticed. The number of cells in sputum decreased by 1.3 times to indicate the anti-inflammatory effect of the biologically active additive. The changes in the activity of the proteolytic enzyme elastase in blood and sputum were established as the indicator of removing pathogenic microorganisms from the respiratory tract. The materials obtained indicate the effectiveness of the biologically active additive for the traditional treatment of respiratory tract pathologies.

Keywords: biologically active additive (BAA), obstructive pulmonary disease, effectiveness, functional orientation.

References

1. Abdullaev SH. A., SHukurova S. M., Pochodzhanova SH. SH. Xronicheskaya obstruktivnaya bolezni' legkix: faktory riska i legochnaya reabilitatsiya // Vestnik Avicenny. 2013. № 2 (55). S. 160–166.
2. Avstrieviskix A. N., Vekovcev A. A., Poznyakovskij V. M. Produkty zdorovogo pitaniya: novye texnologii, obespechenie kachestva, effektivnost' primeneniya : monografiya. Novosibirsk : Sib. univ. izd-vo, 2005. 416 s.
3. Voprosy sochetannoj patologii: tuberkulez verxnix dyxatel'nyx putej, tuberkulez legkix, xronicheskaya obstruktivnaya bolezni' legkix / N.V. Bekmuxeambetova [dr.] // Novye texnologii v otorinolarinologii : sb. st. mezhdunar'noj nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem. M., 2016. S. 126.
4. Xronicheskaya obstruktivnaya bolezni' legkix: problemy segodnyashnego dnya / A. S. Belyavskij [i dr.] // Prakticheskaya pul'monologiya. 2015. № 3. S. 18–23.
5. Bodnya O. S. Xronicheskaya obstruktivnaya bolezni' legkix: kompleksnyj podxod k terapii // Spravochnik poliklinicheskogo vracha. 2016. № 1. S. 20–23.
6. Vizel' A. A., Vizel' I. YU., Bakunina E. A. Xronicheskaya obstruktivnaya bolezni' legkix sovremennye podxody k terapii // Medicinskij sovet. 2016. № 15. S. 6–10.
7. Vizel' A. A., Vizel' I. YU. Xronicheskaya obstruktivnaya bolezni' legkix: sostoyanie problemy // Lechashhij vrach. 2016. № 4. S. 78.
8. Gerasimenko N. F., Poznyakovskij V. M., CHelnakova N. G. Metodologicheskie aspekty polnocennogo, bezopasnogo pitaniya: znachenie v soxranenii zdorov'yu i rabotosposobnosti // CHelovek. Sport. Medicina. 2017. № 1. T. 17. S. 79–86.
9. Gerasimenko O. N., Suxaterina N. A., SHpagin I. S. Nutritivnyj status pri fenotipe xronicheskaya obstruktivnaya bolezni' legkix v sochetanii s arterial'noj gipertenziej // Aktual'nye voprosy pul'mologii u rabotayushhego naseleniya – innovatsii i perspektivy : mater. Vser. nauch.-prakt. konf. SPb., 2017. S. 27–32.
10. Dzhamolova R. D., Niyazov F. I., Mirzoev X. SH. Xronicheskaya obstruktivnaya bolezni' legkix i soputstvuyushhaya patologiya serdechno-sosudistoj sistemy // Vestnik Avicenny. 2014. № 1 (58). S. 139–143.



11. Zhumagaliyeva A. N. Alpha-1 antitrypsin deficiency and chronic obstructive pulmonary disease // *Nauka i zdravooxranenie*. 2016. № 1. S. 127–136.
12. Zdorov'e Rossii: atlas / pod red. L. A. Bokeriya. 8-e izd. M. : NCSSX im. A. N. Bakuleva RAMN, 2012. 408 s.
13. Ivanova M. A., Punin A. A., Vaulin S. V. Xronicheskaya obstruktivnaya bolezn' legkix i alkohol': aktual'noe sochetanie // *Aktual'nye problemy i dostizheniya v medicine : sb. nauch. tr. po itogam Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. M., 2017. S. 20–24.*
14. Xronicheskaya obstruktivnaya bolezn' legkix i soputstvuyushhaya patologiya: osobennosti techeniya, ocenka urovnya trevozhnosti i depressii / S. A. Kozhevnikova [i dr.] // *Prikladnye informacionnye aspekty mediciny*. 2016. T. 19. № 4. S. 119–125.
15. Xronicheskaya obstruktivnaya bolezn' legkix: problemy i perspektivy (po dannym literatury) / I. YU. Korotin [i dr.] // *Aktual'nye voprosy diagnostiki, lecheniya i rehabilitacii bol'nyx : mater. XVIII Mezhhregional'noj nauch.-prakt. konf. / GBOU DPO «Penzenskij institut usovershenstvovaniya vrachej» Minzdrava Rossii*. 2016. S. 136–137.
16. Leshhenko I. V., Baranova I. I. Xronicheskaya obstruktivnaya bolezn' legkix: problemnye voprosy klinicheskoy epidemiologii, faktorov riska i bazisnoj terapii (obzor literatury) // *Consilium Medicum*. 2016. T. 18. № 11. S. 8–18.
17. Leshhenko I. V., Avdeev S. N. Xronicheskaya obstruktivnaya bolezn' legkix: indikatory kachestva, algoritm diagnostiki i terapii // *RMZH*. 2016. T. 24. № 16. S. 1039–1046.
18. The mathematical pathogenetic factors analysis of acute inflammatory diseases development of bronchopulmonary system among infants / G. O. Lezhenko [et al.] // *Zaporozhskij medicinskij zhurnal*. 2017. T. 19. № 5 (104). S. 596–600.
19. Pavlenko V. I. Rybas' E. G., Naryshkina S. V. Xronicheskaya obstruktivnaya bolezn' legkix: perspektivy protivovospalitel'noj terapii // *Amurskij medicinskij zhurnal*. 2014. № 1 (5). S. 87–92.
20. Poznyakovskij V. M., CHugunova O. V., Tamova M. YU. Pishhevye ingredienty i biologicheski aktivnye dobavki. M. : INFRA-M, 2017. 143 s.
21. Ponomareva YU. V., Magnickaya O. V., Zayac A. V. Xronicheskaya obstruktivnaya bolezn' legkix: sovremennye principy farmakoterapii // *Lekarstvennyj vestnik*. 2014. T. 8. № 1 (53). S. 31–37.
22. Spravochnik poliklinicheskogo vracha. Xronicheskaya obstruktivnaya bolezn' legkix. 2015. № 1. S. 20–24.
23. Texnicheskij reglament TS 027/2012 «O bezopasnosti otdel'nyx vidov specializirovannoj pishhevoj produkcii, v tom chisle dieticheskogo, lechebnogo i dieticheskogo profilakticheskogo pitaniya».
24. Tkachenko V. I., Kuharchuk K. N. Shronic obstructive pulmonary disease u approachu es to pharmacotherapy of exacerbation // *Semejnaya medicina*. 2015. № 1 (57). S. 126.
25. Professional'naya xronicheskaya obstruktivnaya bolezn' legkix: fenotipicheskie xarakteristiki / L. A. SHpagina [i dr.] // *Medicina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2017. № 3. S. 47–53.
26. Castejón M. G., Casado A. R. Regulation of inflammation by dietary phytochemicals: current perspectives // *Phytochemicals: Occurrence in Nature, Health Effects and Antioxidant Properties*. 2013. S. 175–188.
27. Chronic obstructive pulmonary disease and stroke / A. Corlateanu [et al.] // *Journal of chronic obstructive pulmonary disease*. 2018. Vol. 15. № 4. P. 405–413.
28. The unmet needs of people with chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review of qualitative findings / M. Clari, D. Ivziku, R. Casciaro, M. Matarese // *Journal of chronic obstructive pulmonary disease*. 2018. Vol. 15. № 1. P. 79–88.
29. Classification of chronic obstructive pulmonary disease (copd) according to the new global initiative for chronic obstructive lung disease (gold) 2017: comparison with gold 2011 / R. Marçôa [et al.] // *Journal of chronic obstructive pulmonary disease*. 2018. Vol. 15. № 1. P. 21–26.
30. Angiotensin converting enzyme inhibitors and angiotensin receptor blockers: a promising medication for chronic obstructive pulmonary disease? / I. E. Vasileiadis, P. T. Giannakopoulou, C. A. Goudis, T. Liu // *Journal of chronic obstructive pulmonary disease*. 2018. Vol. 15. № 2. P. 148–156.

Vekovtsev Andrey Alekseyevich, Cand. Sc. (Medicine), Associate Professor of the Basic Department “Food Industry and Functional Nutrition”, Kuzbass State Agricultural Academy; Deputy General Director for Science and Innovation, NPO “ArtLife”.

E-mail: andrey@artlife.ru.

Lobach Evgenia Yuryevna, Cand. Sc. (Economics), Associate Professor of the Department “Marketing and Business Communications”, Kemerovo State University.

E-mail: lobach_evgenia@mail.ru.

Poznyakovsky Valery Mikhailovich, D. Sc. (Biology), Professor, Head of the Scientific and Educational Center “Processing of Agricultural Raw Materials and Food Technologies”, Head of the Department “Food Industry and Functional Nutrition”, Kuzbass State Agricultural Academy.

E-mail: pvm1947@bk.ru.

The use of a biologically active complex as a monocorrector for osteogenesis in fractures of long tubular bones

A. A. Vekovtsev, M. M. Shamova, V. M. Poznyakovsky

The aim of the research was to evaluate the effectiveness of a new biologically active complex in relation to bone tissue repair processes. The subject of the research was patients with fractures of long tubular bones: 14 women and 21 men at the age of 15 to 40. The control group was treated according to the classical method; the main one had additionally a biologically active complex in the form of a biologically active additive as 1 capsule during meals 3 times a day for 1 month. The research was conducted with the help of laboratory methods for studying biochemical markers of osteogenesis, the dynamics of a general blood test, indicators of coagulation hemostasis, rheological and biochemical properties of blood (inorganic phosphorus, ionized calcium, alkaline phosphatase and osteocalcin), prothrombotic time, activated partial thromboplastin time, fibrinogen, with radiography being used as an instrumental method. As a result, the prescription composition of a biologically active additive is developed, including ingredients with the active principles having a synergistic effect on bone tissue regeneration and ensuring normal conditions of osteogenesis, mg per capsule: capril-caprine triglycerides – 479; mummy extract – 35; chaga extract – 35; provitamin coniferous concentrate – 25 (polyprenols – 5); eleutherococcus extract (1%) – 10 (eleutherosides B and E – 0.1); Schisandra extract (2%) – 5 (schisandrone – 0.1); royal jelly – 5. It was found that the combined use of the biologically active additive and traditional therapy provides activation of bone remodeling, has a positive effect in the rehabilitation period, prevents trophic disorders of soft tissues, and reduces the use of analgesics in patients with fractures of long tubular bones. Thus, the use of the biocomplex in the complex treatment of fractures of long tubular bones activates reparative osteogenesis and accelerates the formation of bone callus, thus providing an improvement in coagulation hemostasis. The use of the biologically active additive favorably affects the course of the rehabilitation period along with analgesics tapering.

Keywords: biologically active additive, fractures of long tubular bones, bone remodeling, reparative osteogenesis, effectiveness.

References

1. Poznyakovskij V. M. Evolyuciya pitaniya i formirovaniya nutrioma sovremennogo cheloveka // *Industriya pitaniya*. 2017. № 3. S. 5–12.
2. Gerasimenko N. F., Poznyakovskij V. M., CHelnakova N. G. Zdorovoe pitanie i ego rol' v obespechenii kachestva zhizni // *Texnologii pishhevoj i pererabatyvayushhej promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya*. 2016. № 4 (12). S. 52–57.



3. Poznyakovskij V. M., CHugunova O. V., Tamova M. YU. Pishhevye ingredienty i biologicheski aktivnye dobavki. M. : INFRA-M, 2017. 143 s.

4. Texnicheskij reglament TS 027/2012 «O bezopasnosti otdel'nyx vidov specializirovannoj pishhevoj produkcii, v tom chisle dieticheskogo, lechebnogo i dieticheskogo profilakticheskogo pitaniya»: utv. resheniem Soveta Evrazijskoj ekonomicheskij komissii ot 5 iyunya 2012 g. № 34. 26 s. Nutritional Aspects of Bone Health and Fracture Healing / A. Karpouzou [et al.] // J Osteoporos. 2017;2017:4218472. Doi: 10.1155/2017/4218472. Epub 2017. Dec 31. PubMed PMID: 29464131; PubMed Central PMCID: PMC5804294.

5. Dietary Approaches for Bone Health: Lessons from the Framingham Osteoporosis Study / S. Sahni [et al.] // Curr Osteoporos Rep. 2015. Aug. № 13 (4). P. 245–55. Doi: 10.1007/s11914-015-0272-1. PubMed PMID: 26045228; PubMed Central PMCID: PMC4928581.

6. Adherence to a Mediterranean Diet and Bone Mineral Density in Spanish Premenopausal Women / J. Pérez-Rey [et al.] // Nutrients. 2019. Mar. 5. № 11 (3). P. 555. Doi: 10.3390/nu11030555. PubMed PMID: 30841631; PubMed Central PMCID: PMC6470744.

Vekovtsev Andrey Alekseyevich, Cand. Sc. (Medicine), Associate Professor of the Basic Department “Food Industry and Functional Nutrition”, Kuzbass State Agricultural Academy; Deputy General Director for Science and Innovation, NPO “ArtLife”.

E-mail: andrey@artlife.ru.

Shamova Maria Mikhailovna, Cand. Sc. (Engineering), doctoral candidate of the Basic Department “Food Industry and Functional Nutrition”, Kuzbass State Agricultural Academy; Associate Professor of the Department of Production and Processing Technology of Agricultural Products, Tomsk Agricultural Institute, Novosibirsk State Agrarian University; Head of Food Production, NPO “ArtLife”.

E-mail: masha@artlife.ru.

Poznyakovsky Valery Mikhailovich, D. Sc. (Biology), Professor, Head of the Scientific and Educational Center “Processing of Agricultural Raw Materials and Food Technologies”, Head of the Department “Food Industry and Functional Nutrition”, Kuzbass State Agricultural Academy.

E-mail: pvm1947@bk.ru.

Linum usitatissimum in innovative technologies of herodietic products

N. Yu. Ruban, I. Yu. Reznichenko

The article discusses the theoretical and practical aspects of the application of flax seeds (*linum usitatissimum*) and products after their processing in food production. Flax seeds are an affordable, inexpensive, biologically and technologically valuable raw material and are considered by nutritionists as a valuable source of protein (19-30%), edible oil, soluble and insoluble dietary fiber (12-28%), lignans, mucus (5-12%). Currently, much attention is paid to introducing into production gerodietetic food products with increased nutritional value, reduced calorie content, and specialized orientation. The review describes the chemical composition and biological value of flax seeds, with the potential for application in food technology being given, the information on practical developments being provided. There are conclusions made about the feasibility of expanding the range of healthy food products due to the use of flax seeds in the development of herodietic food products that meet modern requirements for balanced diets.

Keywords: flax seeds, biological value, application in food technology.

References

1. Vechnaya molodost': kak Rossiya perexodit na aktivnoe dolgoletie. Rezhim dostupa : <https://www.gazeta.ru/business/2019/09/13/12647245.shtml>.

2. Feliks S. V., Antipova T. A., Simonenko S. V. Perspektivy razrabotki produktov gerodieticheskogo pitaniya // Agrarno-promyshlennye innovacii. 2019. № 1 (5). S. 84–89.
3. Produkty gerodieticheskogo pitaniya. Perspektivy issledovaniya / S. V. Feliks, T. A. Antipova, S. V. Simonenko, E. V. Sidorova // Pishhevaya promyshlennost'. 2019. № 4. S. 111–113.
4. Grigorov K. S. K voprosu razrabotki gerodieticheskix molochnyx produktov // Innovacionnoe razvitie. 2018. № 7 (24). S. 9–11.
5. Novye gerodieticheskie produkty dlya zdorovogo pitaniya / I. V. Xanova [i dr.] // Pishhevaya promyshlennost'. 2016. № 8. S. 13–16.
6. Dzaxmisheva Z. A., Dzaxmisheva I. SH. Funkcional'nye pishhevye produkty gerodieticheskogo naznacheniya // Fundamental'nye issledovaniya. 2014. № 9. S. 2048–2051.
7. Funkcional'nye produkty gerodieticheskogo pitaniya s ispol'zovaniem kompleksnyx pishhevyyx dobavok / G. V. Galkina, V. I. Illarionova, E. V. Kuksova, G. S. Volkova // Pishhevaya promyshlennost'. 2009. № 3. S. 48–49.
8. Ruban N. Y., Reznichenko I. Yu., Ustinova Yu. V. Analysis of consumer preferences of the residents of Kemerovo towards sports food products // Сборник: IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. V. 315. P. 022–025. Doi:10.1088/1755-1315/315/2/022025.
9. Ruban N. YU., Reznichenko I. YU. Izuchenie potrebitel'skix predpochtenij lic pozhilogo i starcheskogo vozrasta v otnoshenii molochnoj produkcii // Industriya pitaniya / FoodIndustry. 2018. V. 3. № 2. S. 44–48. Doi: 10.29141/2500-1922-2018-6-1-2.
10. Fedorova T. C., Zabalueva YU. YU., Xamaganova I. V. Semena maslichnogo l'na – istochnik belka pri proizvodstve rybnyyx polufabrikatov // Polzunovskij vestnik. 2017. № 2. S. 28–32.
11. Meleshkina E. P. Nauchnyj podxod k pererabotke semyan l'na na osnove ispol'zovaniya ix fitoximicheskogo potentsiala s cel'yu sozdaniya novyyx pishhevyyx produktov s zadannymi svoystvami // Agrarnyj vestnik YUgo-Vostoka. 2016. № 1–2 (14–15). S. 68–71.
12. Suxenko YU., Veretinskaya I. Pishhevaya i biologicheskaya cennost' semyan l'na // Prodovol'chaindustriya APK. 2013. № 3 (23). S. 26–28.
13. Zubcov V. A., Osipova L. L., Lebedeva T. I. L'nyanoe semya, ego sostav i svoystva // Ros. xim. zh. (ZH. Ros. xim. ob-va im. D. I. Mendeleeva). 2002. T. XLVI. № 2. S. 13–14.
14. Mazalevskij V. B., Motovilov O. K. Issledovanie texnologii polufabrikata iz semyan l'na // Texnologiya i tovarovedenie innovacionnyx pishhevyyx produktov. 2019. № 1 (54). S. 17–22.
15. Kucik R. V. Ximicheskij sostav semyan l'na. Rezhim dostupa : <https://www.rosflaxhemp.ru/fakti-i-cifri/o-lne/pererabotka.html/id/402>.
16. Osman'yan Z. G. Semena l'na v texnologii pishhevyyx produktov funkcional'nogo naznacheniya (ispol'zovanie v xlebopechenii) // Pishhevaya i pererabatyvayushhaya promyshlennost'. 2009. № 1. S. 84.
17. Vasilov V. V., Vytovtov A. A., Nilova L. P. Razrabotka xlebobulochnyyx izdelij specializirovannogo naznacheniya dlya pitaniya sportsmenov // Voprosy pitaniya. 2015. T. 84. № 5. S. 25.
18. Cyganova T. B., Minevich I. E., Osipova L. L. Polisaxaridy semyan l'na: prakticheskoe primeneniye // Xraneniye i pererabotka sel'xozsyr'ya. 2019. № 2. S. 24–36.
19. Koneva S. I. Osobennosti ispol'zovaniya produktov pererabotki memyan l'na pri proizvodstve xlebobulochnyyx izdelij // Polzunovskij vestnik. 2016. № 3. S. 35–37.
20. Cyganova T. B., Minvich I. E., Zubcov V. A. K voprosu o bezopasnosti semyan l'na i produktov ix pererabotki // Xlebopecheniye Rossii. 2017. № 2. S. 23–26.

Ruban Natalya Yuryevna, Cand. Sc. (Economics), Associate Professor of the Department “Quality Management”, Kemerovo State University.

E-mail: natali2603@mail.ru.

Reznichenko Irina Yuryevna, D. Sc. (Engineering), Professor, Head of the Department “Quality Management”, Kemerovo State University.

E-mail: irina.reznichenko@gmail.com.



Правила предоставления рукописей статей в научный журнал «АПК России»

Представленная в электронном варианте статья должна соответствовать **научному профилю** журнала.

Объем текста статьи не должен превышать 15 стр. для доктора наук, для остальных авторов объем статьи составляет от 5 до 10 стр. Ответственность за использование данных, не предназначенных для открытой публикации, несут авторы статей в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Статья должна содержать: аннотацию, ключевые слова, основной текст, сведения об авторах (фамилия, имя, отчество авторов полностью; место работы, занимаемая должность; ученая степень, звание; адрес для переписки, e-mail и телефоны для связи), список литературы.

Рекомендуемый объем аннотации – не более 5–7 строк. Не следует начинать аннотацию с повторения названия статьи! В аннотации необходимо осветить цель исследования, методы, результаты (желательно с приведением количественных данных), кратко и четко сформулировать выводы. В аннотации не допускается разбивка на абзацы и использование вводных слов и выражений, элементы сложного форматирования (индексы, символы и т. п.).

Структура статьи должна содержать следующие **основные** разделы:

1. Введение.
2. Методы исследования.
3. Результаты исследований.
4. Обсуждения.
5. Список литературы (ГОСТ Р 7.0.5–2008)

Новизна может быть не общенаучной, а отраслевой. Статья не должна иметь фактических ошибок, выводы и заключения не должны противоречить известным законам природы и общенаучным истинам.

Автор (авторы) заполняют анкету при представлении в редакцию статьи.

Невыполнение вышеуказанных требований в полном объеме является поводом для отказа в приеме материала статьи.

Статьи, соответствующие указанным требованиям, регистрируются редакцией.

Решение о публикации статьи принимается по результатам **рецензирования** и обсуждения на редколлегии. За достоверность и оригинальность материалов ответственность несут авторы. Авторы гарантируют, что текст статьи оригинальный (85-90% оригинальности по системе Антиплагиат), публикуется впервые.

Информацию о прохождении статьи авторы могут уточнить по тел. редакции: +7 (351) 266-65-20, а также по электронной почте: gusapk@bk.ru.

Представляя свои материалы для опубликования, автор тем самым дает согласие на размещение электронной версии своей статьи на сайте и в научной библиотеке вуза, а также в электронной научной библиотеке eLibrary в открытом доступе.

Все статьи рецензируются, отклоненные статьи авторам не возвращаются, о причинах отклонения автор уведомляется на основании заключения редколлегии.

Гонорар за публикации не предусмотрен.

Правила оформления статьи

ФИО авторов полностью, место работы, занимаемая должность; ученая степень, звание, телефон и e-mail (каждого автора).

Аннотация.

Ключевые слова.

Все поля – 2 см. Шрифт текста – TimesNewRoman. Размер шрифта – 14 пт, интервал – 1,5.

Буквы латинского алфавита – курсивного начертания, буквы греческого и русского алфавитов, индексы и показатели степени, математические символы \lim , \lg , \cos , \sin , \max , \min и др. – прямого начертания.

Набор формул в стандартных редакторах формул MathType либо Equation, шрифт Times New Roman. Нумеровать только те формулы, на которые есть ссылки в тексте. Номер формулы ставить с правой стороны в конце формулы с выравниванием по правой границе страницы. Обозначения в формулах: прямо – русские буквы, греческие символы, функции, цифры; курсив – латинские буквы.

Таблицы и рисунки помещать за первой ссылкой на них в тексте после окончания абзаца. Графики и диаграммы должны быть активны и сохранены в отдельной папке с обозначением каждого рисунка, согласно тексту статьи. Рисунки выполнять, используя программные продукты, и представлять в виде отдельного файла: в растровом формате Tiff, JPG, BMP (300 dpi); в векторных форматах CDR, EPS, wmf; рисунки Word – в формате DOC.

Фотографии выполнять с разрешением не менее 600 dpi.

Обозначения, термины и иллюстративный материал должны соответствовать действующим государственным стандартам.

Список литературы должен быть оформлен в соответствии с последовательностью ссылок в тексте согласно ГОСТ Р 7.0.5-2008.

Все аббревиатуры необходимо расшифровать.

*С уважением,
редакция журнала*

Анкета автора*
представленной в редакцию рукописи статьи:

(название статьи)

ФИО (полностью)	
Ученая степень	
Ученое звание (при наличии)	
Должность	
Место работы, учебы (полное наименование организации)	
Адрес места работы, учебы (с указанием индекса)	
Контактный телефон (с указанием кода города)	
Адрес электронной почты	
Адрес, на который следует выслать авторский экземпляр журнала (с указанием индекса)	
Иные сведения	

* – В случае подготовки статьи в соавторстве сведения предоставляются каждым из авторов.

Вниманию читателей!

Подписку на журнал можно оформить
в почтовых отделениях ФГУП «Почта России».

Издание включено в объединенный
и электронный каталог «Пресса России».

Требования к статьям, представляемым
к публикации, размещены на сайтах журнала:
<http://www.rusapk.ru>, <http://rusapk.sursau.ru>

Полнотекстовая версия журнала «АПК России»
размещена на сайте электронной научной
библиотеки: <http://www.elibrary.ru>,
сайте журнала: <http://www.rusapk.ru>,
сайте Университетской библиотеки онлайн:
www.biblioclub.ru.

Dear Readers, attention, please!

Subscription to the journal can be obtained at post
offices «Russian Post».

The journal is included in the combined
and the electronic catalog «Press of Russia.»

Requirements for articles submitted for publication,
available on the websites:
<http://www.rusapk.ru>, <http://rusapk.sursau.ru>

The full-text version of the journal
«Agro-Industrial Complex of Russia» is available
online on the e-Science Library website:
<http://www.elibrary.ru>,
on the journal website: <http://www.rusapk.ru>,
on the University Library website: www.biblioclub.ru.



Верстка
М. В. Шингареева

Корректор
М. В. Вербина

Design
M. V. Shingareeva

Proof reader
M. V. Verbina

Перевод на англ. язык – *И. Ю. Новикова*

English rendering – *I. Y. Novikova*

Подписано в печать: 14.02.2020
Дата выхода в свет: 28.02.2020
Формат 60×84/8. Гарнитура Times
Усл. печ. л. 26,7. Тираж 300 экз.
Заказ № 6

Signed to print: 14.02.2020
Release date: 28.02.2020
Format 60×84/8. Times script
Conventional printed sheet 26,7
Circulation 300 copies
Order № 6

Адрес редакции: 454080, г. Челябинск,
пр. им. В. И. Ленина, 75. Тел.: 8(351) 266-65-20

Editors office: 454080, Chelyabinsk,
Lenin Avenue, 75. Phone: 8(351) 266-65-20

Адрес издателя: Южно-Уральский
государственный аграрный университет
457100, г. Троицк, ул. Гагарина, 13
Тел.: 8(35163) 2-00-10, факс: 8(35163) 2-04-72
E-mail: tvi_t@mail.ru

Publishers address: South-Ural State
Agrarian University
457100, Troitsk, Gagarin Str, 13
Phone: 8(35163) 2-00-10, Faxe: 8(35163) 2-04-72
E-mail: tvi_t@mail.ru

Отпечатано: ИПЦ Южно-Уральского ГАУ,
Адрес: 454080, г. Челябинск, ул. Энгельса, 83

Printed in South-Ural State Agrarian University
Publishing House: 454080, Chelyabinsk,
Engels Str., 83

Свободная цена

Free-market price