

Редакционная коллегия:

главный редактор – **Федоренко В.Ф.**,
д-р техн. наук, проф., академик РАН;
зам. главного редактора – **Мишуков Н.П.**,
канд. техн. наук.

Члены редколлегии:

Апатенко А.С., д-р техн. наук;
Виноградов А.В., д-р техн. наук;
Голубев И.Г., д-р техн. наук, проф.;
Ерохин М.Н., д-р техн. наук, проф., академик РАН;
Завражных А. И., д-р техн. наук, проф.,
академик РАН;
Кузьмин В.Н., д-р экон. наук;
Левшин А.Г., д-р техн. наук, проф.;
Лобачевский Я.П., д-р техн. наук, проф.,
академик РАН;
Морозов Н.М., д-р экон. наук, проф.,
академик РАН;
Папцов А.Г., д-р экон. наук, проф., академик РАН;
Полухин А.А., д-р экон. наук, проф. РАН;
Сторчевой В.Ф., д-р техн. наук, проф.;
Тихомиров Д.А., д-р техн. наук,
проф. РАН, чл.-корр. РАН;
Цой Ю.А., д-р техн. наук, проф., чл.-корр. РАН;
Черноиванов В.И., д-р техн. наук, проф.,
академик РАН;
Шогенов Ю.Х., д-р техн. наук,
чл.-корр. РАН

Editorial Board:

Chief Editor – **Fedorenko V.F.**, Doctor of Technical
Science, professor, academician
of the Russian Academy of Sciences;
Deputy Editor – **Mishurov N.P.**, Candidate
of Technical Science.

Members of Editorial Board:

Apatenko A.S., Doctor of Technical Science;
Vinogradov A.V., Doctor of Technical Science;
Golubev I.G., Doctor of Technical Science, professor;
Erokhin M.N., Doctor of Technical Science,
professor, academician of the Russian Academy
of Sciences;
Zavrazhnov A.I., Doctor of Technical Science,
professor, academician of the Russian
Academy of Sciences;
Kuzmin V.N., Doctor of Economics;
Levshin A.G.,
Doctor of Technical Science, professor;
Lobachevsky Ya.P., Doctor of Technical Science,
professor, academician
of the Russian Academy of Sciences;
Morozov N.M., Doctor of Economics, professor,
academician of the Russian Academy of Sciences;
Papstov A.G., Doctor of Economics, professor,
academician of the Russian Academy of Sciences;
Polukhin A.A., Doctor of Economics, professor
of the Russian Academy of Sciences;
Storchev V.F., Doctor of Technical Science,
professor;
Tikhomirov D.A., Doctor of Technical Science,
professor
of the Russian Academy of Sciences;
corresponding member of the Russian Academy
of Sciences;
Tsoi Yu.A., Doctor of Technical Science,
professor, corresponding member
of the Russian Academy of Sciences;
Chernoivanov V.I., Doctor of Technical Science,
professor, academician
of the Russian Academy of Sciences;
Shogenov Yu.H., Doctor of Technical Science,
corresponding member
of the Russian Academy of Sciences
Отдел рекламы
Горбенко И.В.
Верстка
Речкина Т.П.
Художник Лапина Т.Н.

ТЕХНИКА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СЕЛА
MACHINERY AND EQUIPMENT FOR RURAL AREA

В НОМЕРЕ

Техническая политика в АПК

Лачуга Ю.Ф., Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Шогенов Ю.Х. Результаты научных исследований агроинженерных научных организаций по развитию цифровых систем в сельском хозяйстве 2

Технико-технологическое оснащение АПК: проблемы и решения

«Другого у себя не вижу»: почему RSM 2000 так востребован на российских полях? 10

Технологии, машины и оборудование для АПК

Старостин И.А., Давыдова С.А., Ещин А.В., Гольтепин В.Я. Анализ технического уровня современных сельскохозяйственных тракторов тягового класса 4 ... 12
Улюкина Е.А., Прохоров А.А., Голубев И.Г. Эффективное применение сборно-разборных трубопроводов для орошения 20
Астафьев В.Л., Мурзабеков Т.А. Анализ качества работы измельчителей-разбрасывателей соломы зерноуборочных комбайнов 26
Черников В.Г., Ростовцев Р.А., Соловьев С.В., Скворцов С.С. Обоснование установленного зазора очесывающей гребенки и интенсивности воздействия на стебель льна-долгунца при очесе на корню 30

Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение АПК

Борычев С.Н., Успенский И.А., Симдянкин А.А., Юхин И.А., Каширин Д.Е., Лимаренко Н.В. Методика оценки энергетической эффективности электротехнических комплексов при разделении воскового сырья 34
Шичков Л.П., Людин В.Б., Мохова О.П. Особенности и применение электроприводного инструмента с аккумуляторным питанием 40

Аграрная экономика

Тихомиров А.И., Ухалина О.В. Современные особенности территориального разделения труда и размещения производства в молочном скотоводстве 45

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).
Входит в ядро РИНЦ и базу данных RSCI

Полные тексты статей размещаются на сайте электронной научной библиотеки eLIBRARY.RU: <http://elibrary.ru>

Журнал включен в международную базу данных AGRIS ФАО ООН, в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

Научные специальности и соответствующие им отрасли науки, по которым издание включено в Перечень ВАК:
05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки);
05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве (технические науки);
05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве (технические науки);
08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством (по отраслям и сферам деятельности) (экономические науки).



141261, г.п. Правдинский Московской обл., ул. Лесная, 60. Тел. (495) 993-44-04
fgnu@rosinformagrotech.ru; r_technica@mail.ru <https://rosinformagrotech.ru>

Перепечатка материалов, опубликованных в журнале,
допускается только с разрешения редакции.

© «Техника и оборудование для села», 2022
Отпечатано в ФГБНУ «Росинформагротех»
Подписано в печать 23.03.2022 Заказ 52

УДК 931.3:633.1

DOI: 10.33267/2072-9642-2022-3-2-9

Результаты научных исследований агроинженерных научных организаций по развитию цифровых систем в сельском хозяйстве

Ю.Ф. Лачуга,

акад. РАН, д-р техн. наук,
академик-секретарь ОСХН РАН,
akadema1907@mail.ru
(ФГБУ РАН);

А.Ю. Измаилов,

акад. РАН, д-р техн. наук,
директор,
vim@vim.ru

Я.П. Лобачевский,

акад. РАН, д-р техн. наук,
первый зам. директора,
lobachevsky@yandex.ru
(ФНАЦ ВИМ);

Ю.Х. Шогенов,

чл.-корр. РАН, д-р техн. наук,
зав. сектором ОСХН РАН,
yh1961s@yandex.ru
(ФГБУ РАН)

Аннотация. Представлены основные научно-технические достижения и результаты НИР за 2021 г. научных учреждений агроинженерного профиля Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, которые находятся под научно-методическим руководством Отделения сельскохозяйственных наук Российской академии наук (РАН) по секции механизации, электрификации и автоматизации в области разработки новых машинных технологий, энергонасыщенной сельскохозяйственной техники, мобильных энергетических и роботизированных технических средств, цифровых систем для производства основных видов конкурентоспособной сельскохозяйственной продукции, развития эффективных систем энергообеспечения с использованием искусственного интеллекта, возобновляемой энергетики и современного технического сервиса в агропромышленном комплексе.

Ключевые слова: сельскохозяйственная техника, электрификация, возобновляемая энергетика, мобильные энергетические средства, цифровизация, технический сервис, автоматизация.

Постановка проблемы

Наращивание производства конкурентоспособной сельскохозяйственной продукции растениеводства и животноводства с требуемыми качественными показателями может быть обеспечено при наличии у производителей агропромышленной продукции современных машинных технологий, энергонасыщенной сельскохозяйственной техники нового поколения, мобильных энергетических средств (МЭС) [1-4], внедрении малоэнергоемких и эффективных цифровых систем в АПК [2, 5, 6], развитии энергоресурсосбережения, энергообеспечения и конкурентоспособной возобновляемой энергетики [5, 7], технического сервиса, повышении надежности сельскохозяйственной техники с применением цифровых технологий [8, 9].

Создание для аграрной отрасли высокотехнологичной научно-технической продукции с элементами искусственного интеллекта и цифровых систем может быть реализовано в условиях эффективной работы ученых и специалистов агроинженерного профиля, проводящих, в том числе, междисциплинарные научные исследования с участием ученых других отделений РАН, способствующие развитию современной сельскохозяйственной отрасли [10-13], с учетом развития цифровых систем в аграрном секторе производства [2]. Востребованность современной научно-технической продукции в агропромышленном комплексе свидетельствует об актуальности новых разработок.

Научные центры и НИИ Минобрнауки Российской Федерации, находящиеся под научно-методическим руководством Отделения сельско-

хозяйственных наук РАН, выполняли научные изыскания в соответствии с ПФНИ (далее – Программа) в Российской Федерации на 2021-2030 гг. [14], приоритетными направлениями СНТР Российской Федерации [15] и ФНТП развития сельского хозяйства на 2017-2025 гг. [16].

Цель исследований – получение и анализ научно-технической продукции агроинженерных научных учреждений по направлению ПФНИ 4.1.5 – механизация, электрификация и автоматизация сельскохозяйственного производства (п. 4.1.5.1, 4.1.5.2, 4.1.5.3).

Материалы и методы исследования

В 2021 г. научно-исследовательскую работу по направлению фундаментальных и поисковых научных исследований 4.1.5 – механизация, электрификация и автоматизация сельскохозяйственного производства ПФНИ в Российской Федерации на 2021-2030 гг. выполняли пять федеральных государственных бюджетных научных учреждений, подведомственных Министерству науки и высшего образования Российской Федерации (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, ФГБНУ ФНЦ ЛК, ФГБНУ ВНИИТИН, ФГБНУ СФНЦА РАН, ФГБНУ АНЦ «Донской»), с участием 579 научных работников (исследователей), в том числе 88 докторов и 220 кандидатов наук, 12 академиков и 10 членов-корреспондентов РАН. За отчетный период в работах приняли участие 206 молодых специалистов в возрасте до 39 лет, или 36% от общего количества исследователей.

Исследования выполнялись по существующим методикам поста-

новки и проведения прикладных, теоретических и научно-прикладных работ с использованием современных технических средств, приборов и оборудования, исследовательской инфраструктуры. Научные отчеты были представлены организациями Минобрнауки России в соответствии с существующими требованиями (ГОСТ 7.32-2017) [17].

Результаты исследований и обсуждение

По направлению 4.1.5.1 Программы «**Развитие энергообеспечения, энергосбережения, возобновляемой и альтернативной энергетики в агропромышленном комплексе Российской Федерации**» исследования выполняли бюджетные научные учреждения (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, ФГБНУ ФНЦ ЛК, ФГБНУ ВНИИТиН, ФГБНУ СФНЦА РАН, ФГБНУ АНЦ «Донской» и др.), подведомственные Министерству науки и образования Российской Федерации и Министерству сельского хозяйства Российской Федерации.

Результаты фундаментальных исследований, проведенных в 2021 г. по данному направлению с использованием наработок предыдущих лет, позволили разработать следующую научно-техническую продукцию:

□ ФГБНУ ФНАЦ ВИМ:

- функционально-технологическая схема и физическая модель энерго-сберегающей конвективной термо-электрической сушилки с использованием теплового насоса, обеспечивающая снижение энергозатрат до 20%. Патенты РФ № 2749682, 2755440;

- термоэлектрическая обогревательная панель для поросят, при работе которой в режиме теплового насоса достигается снижение энергетических (до 15%) и приведенных затрат (до 10%), обеспечиваются возможность эксплуатации в условиях агрессивной окружающей среды и увеличение срока службы в 1,5-2 раза по сравнению с аналогичным по назначению оборудованием. Патент РФ № 2743814;

- мобильный портативный трехфазный таймер-электросчетчик (ТЭМП-3-W) для обследования элек-

трических сетей сельскохозяйственных объектов, исследования параметров режимов работы трехфазной электрической сети или конкретного потребителя электрической энергии. Обеспечивает дистанционное получение данных с датчиков через беспроводное соединение по радиоканалу частотой 2,4 ГГц, измерение и архивирование значений тока, напряжения, мощности потребителя, времени включенного/отключенного состояния потребителя с фиксацией моментов включения и отключения, сокращение времени (до 20-50%) на проведение обследования электрических сетей сельскохозяйственных объектов. Патент РФ № 2755409;

- технический комплекс для оценки потерь электроэнергии и исследования режимов работы электрических сетей 0,4 кВ (КОПиРР). Позволяет экономить поставляемую электроэнергию за счет повышения ее качества (на 20%) и сократить ущерб от недоотпуска электроэнергии потребителю (до 20%) в течение года;

- программа для ЭВМ «Расчет радиальной электрической сети 0,4 кВ», реализующая оригинальные методики выполнения расчетов параметров радиальной сети 0,4 кВ, в том числе определение необходимости и выбора места установки пунктов секционирования электрической сети по критерию обеспеченности защиты от удаленных коротких замыканий. Использование программы при выполнении проектных работ позволяет в 2 раза сократить время на выбор сечения провода, мощности трансформатора, определение потерь электроэнергии по участкам линии. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ РФ № 2021663638;

- вводно-учетно-распределительное устройство (ВУРУ-2) для ввода, учета и распределения электроэнергии на вводах сельских потребителей. Реализация схемы ВУРУ-2 обеспечивает экономию путем снижения ущерба (до 20% в год) от недоотпуска электроэнергии потребителю. Патент РФ № 2740076;

- система зарядки бортовой аккумуляторной батареи для преоб-

разования энергии напряжением 12 В от аккумуляторной батареи постоянного тока напряжением 440-570 В или сети переменного тока (напряжением 220 В) с контролем параметров и отключением по достижению установленного зарядного напряжения. Обеспечивает равномерную зарядку нескольких аккумуляторов, соединенных последовательно в одну аккумуляторную батарею. Патенты РФ № 2741054, 2757573;

- блок бесперебойного питания для параллельной работы солнечной электростанции мощностью 1150 Вт, постоянным напряжением 28 В и централизованной сети напряжением 220 В с аккумулированием электроэнергии для электроснабжения потребителей от двух независимых источников энергии или аккумуляторных батарей и генерацией невостробованной электроэнергии в централизованную сеть. При этом электрический счетчик показывает фактический расход или приход электроэнергии. Патент на изобретение № 2759009;

- система фитооблучения на основе светодиодов с управляемым спектральным составом излучения. Предназначена для облучения овощных и зеленых сельскохозяйственных культур на разных стадиях роста в условиях защищенного грунта, фитотронах и промышленных теплицах. Способствует повышению урожайности (выходу) сельхозкультур в тепличных хозяйствах и «фабриках» растений с одновременным снижением энергозатрат (до 20%). Система осуществляет плавное регулирование интенсивности и спектрального состава излучения фитооблучателя, формирует оптимальную световую среду для каждого этапа роста растений, имеет широкий диапазон регулировок спектрального состава света и его интенсивности (6 отдельных групп светодиодов) с помощью специализированного программного обеспечения, установленного на телефоне или планшете. Патент РФ № 2744302;

□ ФГБНУ ВНИИТиН:

- энергетические и режимные параметры газоиспользующей саморегулируемой системы энерго-

подвода варочного аппарата для приготовления кормов в крестьянских (фермерских) хозяйствах, обеспечивающие повышение эффективности термической обработки кормов, снижение расхода энергии благодаря совершенствованию системы энергообеспечения и средств автоматизации газоиспользующего варочного котла с экономическим эффектом в 41613 руб. в год. Заявка на патент № 2021127801/ (058758) от 21.09.2021;

□ ФГБНУ АНЦ «Донской»:

- методика инженерного расчета устройства для обеззараживания семян переменным магнитным полем повышенной частоты;

- способ энергоэффективного обеззараживания семян низкочастотным магнитным полем;

□ ФГБНУ СибИМЭ СФНЦ РАН:

- технология инактивации материалов и сред в сельскохозяйственном производстве для защиты животных и человека с использованием электромагнитных излучений и плазменных технологий, обеспечивающая высокий процент инактивации (до 100 %) микроорганизмов второй группы устойчивости типа *Staphylococcus spp.* и их природных аналогов при затратах энергии в диапазоне 190-560 Дж/дм³;

□ ФГБОУ ВО «Мичуринский ГАУ»:

- технология и технические средства для переработки и обеззараживания подстилочного навоза, помета и других отходов животноводства с использованием ультрафиолетового и ультразвукового облучения, при которых срок созревания сокращается до пяти суток;

- методика исследования болезнетворной грибной микрофлоры и методы обеззараживания помета от грибной микробиоты *Mucor*, *Aspergillus*, *Penicilium*, *Fusarium* ультразвуковым и ультрафиолетовым облучением, а также электрическим полем с помощью системы электродов. При воздействии ультразвукового облучения (T = 35 кГц) на помет объем грибной микробиоты *Mucor* значительно снижается;

- технология переработки помета в органическое удобрение методом

активной аэрации с использованием ультрафиолетового и ультразвукового облучения. При этом сроки переработки помета в органическое удобрение по сравнению с пассивной аэрацией сокращаются с 7-8 месяцев до 5-10 суток. Технология внедрена в учхозе-племзаводе «Комсомолец» Мичуринского района Тамбовской области.

По направлению 4.1.5.2. Программы «Энергоресурсосберегающие экологически безопасные машинные технологии, роботизированная техника и цифровые системы для производства высококачественной сельскохозяйственной продукции» исследования выполняли бюджетные учреждения (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, ФГБНУ ФНЦ ЛК, ФГБНУ ВНИИТиН, ФГБНУ СФНЦ РАН, ФГБНУ АНЦ «Донской» и др.), подведомственные Минобрнауки и Минсельхозу России.

Результаты фундаментальных исследований, проведенных в 2021 г. по данному направлению с использованием наработок предыдущих лет, позволили разработать следующую научно-техническую продукцию:

□ ФГБНУ ФНАЦ ВИМ:

- механико-технологические основы инновационной технологии сортофитопро очистки и технических средств для выполнения работ в семеноводстве овощных культур и картофеля;

- микроклиматическая камера для хранения мини-клубней картофеля в селекционно-семеноводческом процессе, обеспечивающая требуемые режимы микроклимата с системами искусственного охлаждения, технологического обогрева, увлажнения, осушения, вентиляции и регулирования газовых сред с возможностью дезинфекции камеры озоном (позволяет экономить энергию и снижать расход химических веществ). Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ РФ № 2021614660;

- цифровая система автоматического контроля и управления посадкой чеснока, позволяющая повысить качество посадки и равномерность уплотнения почвы на 25-30 % при контроле режимных и технологических параметров рабочих органов посадочной машины;

- технология и комплекс машин для производства овощных культур и картофеля с цифровыми системами автоматического контроля и управления технологическими процессами обработки почвы, посадки/посева, уборки и послеуборочной обработки товарной продукции. Патенты РФ № 2754443, 276072, 2751604;

- экспериментальные образцы роботизированной платформы и мехатронного устройства съема плодов для проведения технологических операций в автономном режиме без участия человека в течение 8-10 ч, что способствует увеличению производительности на уборочных операциях до 20-25%, сокращению производственных издержек до 30 %;

- компьютерная программа определения гранулометрического состава почвенных комков, расположенных на поверхности обработанного почвенного массива, контролирующая работу почвообрабатывающей фрезы в автоматизированном режиме;

- универсальное дозирующее устройство для высева семян различных культур в один рядок совмещенным и пунктирным способами. Патент РФ № 2703482;

- роботизированное устройство для обслуживания кормового стола на животноводческих комплексах, обеспечивающее корректировку питательности рациона крупного рогатого скота непосредственно на кормовом столе и сокращение затрат труда до 25 %. Патент РФ № 2747167;

- система внутреннего мониторинга здоровья и управления физиологическим состоянием крупного рогатого скота, состоящая из математической модели, новых алгоритмов и технических средств. Направлена на выявление половой охоты, предстоящего отела, начальных признаков заболеваний, мониторинг уровня кормления и потребления воды, формирование рекомендаций;

- весовой ленточный дозатор для точного измерения расхода компонентов комбикорма, дозирования и поддержания заданных значений производительности в непрерывном режиме при снижении до 1,5 раз

потребляемой мощности по сравнению с аналогами;

- программы управления и контроля оптимальных параметров процесса сепарации универсальной зерноочистительной машины ВИМ-4 для повышения эффективности процессов сепарации (на 20-25%) путем автоматизации технологических процессов и использования цифровых средств контроля;

- интеллектуальная система управления биологизированными технологиями производства органической продукции растениеводства для комплексного мониторинга текущего состояния окружающей среды, почвы и растений и принятия оперативных управленческих решений по проведению своевременных технологических операций в органическом севообороте. Система позволяет сократить время получения актуальной информации (до 20%), диагностировать заболевания и определять площади листовой поверхности с фиксацией координат измерений, исключив субъективный человеческий фактор агрономической службы и исполнителей сельскохозяйственных работ. Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ РФ № 2021663634, 2021618244;

- программный комплекс интеллектуальной системы формирования наилучших доступных технологий, мониторинга и управления органическими отходами животноводства, позволяющий подбирать технологии с учетом критериев оптимизации, управления биогенными элементами в органических отходах животноводства и обеспечивающий систематизацию статистической информации. При этом органические удобрения распределяются по земельным угодьям сельскохозяйственного назначения с учетом норм экологической безопасности и баланса питательных веществ, что обеспечивает устойчивое функционирование агроэкосистемы. База данных № 2021621008 и свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ РФ № 2021617771;

- автоматизированное устройство для приготовления питательных сме-

сей для телят с дозированием сухого заменителя цельного молока дисковым дозатором, обеспечивающее выполнение зоотехнических требований к качеству питательной смеси, устранение потерь и перерасхода компонентов, снижение затрат труда на 15-20%;

- кольцевой почвообрабатывающий агрегат (УКПА-2,4-4) для восстановления залежных земель, способствующий повышению качества обработки почвы путем увеличения степени крошения при рыхлении обрабатываемого слоя почвы при полном уничтожении сорной растительности. Позволяет снизить энергоемкость технологического процесса (на 15 %) и расход топлива на 14 % при восстановлении залежных земель на различных агрофонах. Заявка на изобретение № 2021131076;

- тукосмесительная установка с возможностью биологической модификации твердых минеральных удобрений, позволяющая повысить биологическую урожайность подсолнечника сорта Алей на 10-12 % при применении биомодифицированных удобрений по сравнению с использованием традиционной тукосмеси;

- программный комплекс для расчета доз компонентов тукосмесей в зависимости от данных о вариабельности агрохимических показателей почвы и планируемых к возделыванию сельскохозяйственных культур. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ РФ № 2021660616;

- способ гуматизации, обеспечивающий получение минеральных удобрений в оболочке путем обработки рабочим раствором, действующими веществами которого являются высококонцентрированный гумат и полиэтиленгликоль. Заявка на патент № 20212021121285;

- программный комплекс по формированию системы удобрения в цифровом земледелии, применяемый для оценки потенциально возможной урожайности сельскохозяйственных культур, расчета доз минеральных, органических и микроудобрений, мелиорантов. Программа для ЭВМ № 2021662322;

□ ФГБНУ ФНЦ ЛК:

- параметры и режимы работы конвективной и комбинированной сушильной машины для коноплесырья, обеспечивающие снижение энергозатрат на сушку (в 1,5 раза);

- конструктивно-технологическая схема линии для первичной переработки дезориентированной тресты конопли в качественную однотипную пеньку;

- технологическая линия для производства однотипного волокна из тресты льна масличного. Патенты РФ на изобретения № 201183, 2740598.

- эффективные параметры и режимы работы агрегата для переработки тресты льна масличного в спутанной массе в поле из вала марки КВЛ-1М;

- технологические характеристики однотипной пеньки и процесса ее первичной переработки для производства однотипной неориентированной пеньки;

- технология получения солодовых продуктов из семян льна, повышающая пищевую ценность продуктов (на 15-20 %) в зависимости от вида солода;

- новые методы обработки экстрадированных семян льна, позволяющие повысить пищевую ценность продукта путем увеличения выхода водорастворимой фракции белка (до 50%) и сырого протеина (до 5%), а также увеличить срок хранения продуктов переработки путем снижения кислотного и перекисного числа (30 %);

- программное обеспечение для моделирования рельефа поверхности почвенного слоя в расчетах на прочность почвообрабатывающего инструмента;

- программное обеспечение и автоматизированное лабораторное оборудование для определения разрывного усилия натуральных волокон;

- алгоритм функционирования модуля информационно-аналитической системы управления растениеводством для специализированных севооборотов с участием льна-долгунца, позволяющий получить запланированную для данного сорта урожайность с доверительной вероятностью 93-95 %;

- конструкционно-технологическая схема и фронтальный льнотеребильный агрегат с поперечными ленточно-дисковыми ручьями и видеоконтролем технологического процесса, параметров и режимов работы, обеспечивающие повышение производительности (в 1,2 раза) и сокращение потерь урожая (на 10-15%);

- установка для очеса стеблей льна-долгунца на корню (чистота очеса не менее 99%);

- конструкционно-технологическая схема, параметры и режимы работы самоходного подборщика-оборачивателя лент льна для импортозамещения в льноводстве;

- параметры и режимы работы режущего аппарата для технической конопли, обеспечивающие повышение производительности на 10-15%;

- опытный образец кондуктометрического влагомера льнотресты в рулонах с повышенными эргономическими и аналитическими свойствами для повышения стабильности работы и снижения погрешности измерений на 0,2%;

- параметры и режимы работы двухкамерного рулонного пресс-подборщика лент льна с комбинированной системой прессования, обеспечивающие повышение плотности рулона (от 150 до 200 кг/м³) и производительности (на 15-25%);

- режимы работы инновационной сеяночистительной машины для получения семян льна 1 класса и снижения их дробления (на 0,5-1 %). Патент РФ № 2750177;

- научно-технологические и экономические параметры формирования системы машин для производства и переработки льна, позволяющие повысить производительность (на 15%) и качество длинного и короткого волокна (на 1,5 номера);

- система машин для машино-технологической станции на примере Тверской области, позволяющая эффективно выполнять работы в оптимальные агротехнические сроки, снижая затраты на возделывание льна и других сельскохозяйств;

□ ФГБНУ ВНИИТН:

- технологический регламент возделывания сои по улучшенной

(пропашной) технологии с использованием новых и модернизированных средств механизации, способствующий сокращению материально-технических затрат (на 10-15%) и увеличению урожайности сои (на 15-20%). Патенты РФ № 2685733, 2713324, 2020660672, 2021669066. Заявка на патент № 2021128065 от 23.09.2021;

- оптимальные параметры режимов работы триера, его конструктивно-технологическая схема с авторегулированием скоростного режима, повышающие качество процессов триерной очистки зерна. Патенты РФ на изобретения № 2740221, 2748565, 2740410 и 2749655;

- система управления качеством функционирования биотехнических систем в животноводстве, обеспечивающая снижение заболеваемости, повышение качества производимой продукции и рациональное использование производственных ресурсов. Заявки на патенты № 2021111640 (22.04.2021), 2021115354 (26.05.2021), 2021121075 (15.07.2021);

□ ФГБНУ АНЦ «Донской»:

- оригинальная конструкция роторного измельчителя волокнистого растительного сырья, обеспечивающая при соблюдении оптимального диапазона высокой линейной скорости ножей (55-65 м/с) получение измельченного продукта требуемого гранулометрического состава с низкой энергоемкостью (до 10 кВт·ч/т). Эффективное измельчение высушенного волокнистого растительного сырья достигается благодаря высокой скорости движения ножей и более низкой энергоемкости процесса резания по сравнению с дроблением и истиранием. Патент РФ на изобретение № 205978;

- технологический модуль по производству гранулированных комбикормов производительностью 0,3 т/ч для рыбоводческих предприятий. Обеспечивает производство качественных полнорационных стартерных гранулированных комбикормов для рыбы по современным требованиям с повышенным сроком хранения;

- новый способ обмолота и параметры вымолачивающего устройства для трехлопастных роторов при влажности зерна до 16%, частоте вращения 57,2 с⁻¹, зазоре 74-80 мм. Преимущества – низкий уровень травмирования (до 3%) и отсутствие дробления зерна;

- новый рабочий орган нелинейной формы с плоскорезом для вспашки по стерне озимой пшеницы на глубину 35 см (±3,7 см), крошение почвы – 91-95,7% с размером фракций до 50 мм, что на 6,5% выше, чем у аналогов;

- рабочий орган из полимерных материалов, обеспечивающий качество крошения 87,4-94,8% с размером фракций до 50 мм, что на 5,1% выше, чем у аналогов. На фоне «чёрного пара» качество крошения почвы повышается до 95% при тех же размерах фракций;

□ ФГБНУ Сибимэ СФНЦ РАН:

- способ сепарации сыпучих материалов и сепаратор для его реализации, обеспечивающие повышение эффективности выделения легкой фракции воздушным потоком и мелкой фракции на решетке из сепарируемого материала и увеличение производительности сепаратора. Патент РФ на изобретение № 2745085;

- эффективный способ термического обеззараживания и утилизации инфицированных органосодержащих отходов, находящихся в твердом, жидком и газообразном состоянии, на установках высокой мощности. Патент РФ на изобретение № 2750172;

- гидropневматический опрыскиватель, обеспечивающий беспрепятственное прохождение сжатого воздуха к пневматическим насадкам и принудительную доставку диспергированной рабочей жидкости на подстилающую поверхность при исключении сноса ее ветром с обрабатываемого участка. Патент РФ на изобретение № 2751057;

- полосной вибрационный плоскорез, включающий в себя раму и гибкий рессорный вибрационный узел, обеспечивающие сложение рамной вибрации и рабочих органов для повышения резонирующего разрушительного эффекта почвенных связей, что снижает энергозатраты на

деформацию пахотного слоя почвы. Патент РФ на изобретение № 203459;

□ **ФГБНУ «ФАНЦ Северо-Востока»:**

- навесная комбинированная сеялка СДК-2,8М полосного посева семян трав в дернину производительностью до 1,2 га/ч, рабочей скоростью до 1,2 км/ч, шириной захвата 2,8 м для тракторов класса 14 кН. Позволяет совместить полосную обработку почвы (с нормированием глубины обработки и заделки семян) и прямой посев семян трав (нормы высева семян от 2,5 до 140,4 кг/га) в дернину лугов и пастбищ с одновременным внесением стартовой дозы минеральных удобрений для повышения продуктивности и улучшения ботанического состава кормовых угодий без использования гербицидов. Патенты РФ на изобретения № 2641073 и 2742436;

- двухступенчатые плющилки зерна (ПЗД-3.1, ПЗД-10, ПЗД-6, ПЗД-6, ПЗД-М) для получения зернового корма плющением в одну или две ступени из влажного или сухого зерна, обеспечивающие более высокое качество получаемого продукта и отличающиеся от существующих аналогов более низким энергопотреблением (от 2,8 кВт·ч/т). Патенты РФ на изобретения № 2371262, 2511308, 2557778, 2557780, 2647916;

□ **ФГБНУ «Росинформагротех»:**

- экспериментальный образец расстановщика рамок-проб-отборников РМ-234 для определения потерь зерна молотильно-сепарирующим устройством комбайна. Патент РФ на изобретение № 205361;

- программное обеспечение в виде веб-приложения «Картирование твердости почвы по глубине» для точного и оперативного отображения на Яндекс-картах диаграммы твердости почвы для заданной глубины (слоя). Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ РФ № 2021619111;

□ **ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева»:**

- мобильная установка для приготовления смеси лечебных комбикормов в турбулентном потоке, повышающая эффективность и качество приготовления и раздачи

комбикормов сельскохозяйственным животным благодаря обеспечению высокой однородности смеси. Применение полноценных комбикормов позволяет получить максимальное количество продукции при одновременном снижении затрат кормов на производство молока, мяса, яиц и других продуктов. Патенты РФ на изобретения № 2737422, 2737405;

- технические средства принудительной вентиляции коровника с водоиспарительным охлаждением для летнего времени года, обеспечивающие снижение тепловых стрессов на основе охлаждения воздуха и животных с учетом их физиологических показателей. Патент РФ № 2017139521;

□ **ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева», ФГБНУ ФНАЦ ВИМ:**

- технология и термоэлектрическая установка для охлаждения молока от отдельных коров в процессе доения и его упаковки на роботизированных фермах для получения натурального молока и одновременного производства тепловой энергии для технологических нужд;

□ **ФГБОУ ВО «Мичуринский ГАУ»:**

- машинная технология раскорчевки и утилизации старых садовых насаждений и садов, выведенных из эксплуатации. Обеспечивает экологическую безопасность и повышение плодородия почвы на основе принципов органического земледелия;

- технология производства посадочного материала плодовых культур (9 наименований машин); машинная технология для закладки, содержания и ухода за садами интенсивного типа (8 наименований машин); технология для уборки и транспортировки плодов и ягод (5 наименований машин). Технологии обеспечивают экологическую безопасность, повышение количества и качества продукции садовых и ягодных культур;

- устройство для внесения растворов гербицидов в защитную зону рядка растений садовых и пропашных культур, отличающееся высоким качеством выполнения работ. Патент РФ на изобретение № 202725;

- машина для выкопки саженцев и сеянцев плодово-ягодных, лесных и декоративных культур, включающая в себя раму, подкапывающую скобу с лемехом, упругие удлинители и привод в виде кривошипно-шатунного механизма. Отличается более простой конструкцией, обеспечивает повышение качества выполнения работ. Патент РФ на изобретение № 203564;

- сеялка с пневмовакuumными высевальными аппаратами для пунктирного посева семян пропашных сельскохозяйственных культур, включающая в себя высевальные секции, корпус с семенной и вакуумной камерами. Повышает производительность и качество выполнения работ. Патент № 205338;

- высевальное устройство для точного посева пропашных культур и локального дифференцированного внесения удобрений, включающее в себя семенную бункер и бункер для удобрений, высевальный диск и барабан для дозирования удобрений, сошник для внесения удобрений и семян. Способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур и эффективности применения удобрений. Патент РФ на изобретение № 199944;

□ **ФГБОУ ВО РГАТУ:**

- рулонный пресс-подборщик, снабжен разравнивающим устройством. Способствует повышению равномерности прессования по объему рулона (на 12%) и исключает соскальзывание шпагата с краев рулона. Патент № 204130;

- устройство для упаковки сельскохозяйственных продуктов. Позволяет снизить трудоемкость затаривания продукции в упаковку на 7-9% путем обеспечения жесткости конструкции при наполнении мягкого контейнера и легкого открытия кассеты при его извлечении. Патент № 205856;

- машина для механизированной уборки картофеля, снабженная рыхлителем клубненосного пласта. Позволяет (в зависимости от почвенных и погодных условий) повысить сепарирующую способность прутковых элеваторов (на 12-15%) путем разрушения почвенных комков

и более равномерного распределения клубненосного вороха. Патент РФ № 203696;

- дождевальная машина кругового действия. Снабжена регуляторами давления перед дождеобразующими устройствами, что повышает равномерность полива (на 5-11%) и обеспечивает надлежащее его качество на склоновых участках орошаемых площадей. Патент РФ № 204128;

- тягово-сцепное устройство, снабженное компенсатором колебаний. Уменьшает амплитуду колебаний прицепа при движении и позволяет повысить производительность транспортных работ (на 5-7%), снизив при этом повреждения сельскохозяйственной продукции (например, картофеля) при транспортировке на 15-20%. Патент РФ № 2754931;

□ ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский ГАУ»:

- косилка для террасного садоводства. За один проход выполняет качественное и полное скашивание растительности в зоне приствольного круга (не менее 97%) плодовых насаждений в условиях горного садоводства при скорости выполнения технологического процесса 5-7 км/ч. Патент РФ № 197070;

- установка для эффективного внесения водных растворов в приствольные полосы плодовых насаждений (средний диаметр капель дождя 120 мкм). Отвечает агротребованиям при давлении воды в установке 0,25-0,3 МПа и диаметре сопла распылителя 1,5 мм, обеспечивает широкий диапазон дисперсности капель дождя ($70 < d_{cp} < 200$ мкм). Патент РФ на изобретение № 2694569;

□ ФГБОУ ВО «Казанский ГАУ»:

- автоматизированная установка порционного сбора и транспортировки молока с автоматизированным индивидуальным определением объема и качества собираемого молока. Способствует повышению производительности сбора молока по сравнению с аналогами на 18-20%. Патент РФ № 2751084;

- устройство для извлечения перги из перговых сотов до отдельных гранул и очистки их от восковых примесей. Увеличивает выход цельных

гранул (на 15-20 %) путем снижения их повреждаемости, уменьшает энергоемкость процесса на 10-12 %. Патент РФ № 2737247;

- горизонтальный смеситель-запарник кормов. Повышает эффективность процесса смешивания и запаривания кормов (на 12-15 %) путем модернизации кормотранспортирующих патрубков и уменьшения себестоимости изготовления конструкции (на 10-15 %) по сравнению с аналогами. Патент РФ № 2752996;

□ ФГБОУ ВО ДГТУ:

- агрегат для уборки урожая зерновых культур методом очеса на корню. Улучшает качество процессов очеса, обмолота и снижает потери очесываемого зерна благодаря конструкции механизма параллельного и углового перемещения сменных дек и приводов вращения очесывающего барабана и лопастного битера обмолачивающего блока. Патент РФ № 206314;

- программное обеспечение для управления высевальной секцией сеялки мелкозерновых культур, обеспечивающее соблюдение нормы высева семян. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ РФ № 2021664920.

Список

использованных источников

1. **Измайлов А.Ю., Шогенов Ю.Х.** Интенсивные машинные технологии и техника нового поколения для производства основных групп сельскохозяйственной продукции // Техника и оборудование для села. 2017. № 7(241). С. 2-6.

2. **Лачуга Ю.Ф., Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Шогенов Ю.Х.** Научно-технические достижения агроинженерных научных учреждений для производства основных групп сельскохозяйственной продукции // Техника и оборудование для села. 2021. № 4 (286). С. 2-11.

3. **Гарист А.В., Алферов А.А., Бугрим Л.Н.** и др. Отчет Отделения сельскохозяйственных наук РАН о выполнении фундаментальных и поисковых научных исследований в 2020 г. М.: ОСХН РАН, 2021. 437 с.

4. **Завражнов А.И., Измайлов А.Ю., Завражнов А.А., Ланцев В.Ю., Лобачевский Я.П.** и др. Импортозамещение специализированной сельскохозяйственной

техники для садоводства // Техника и оборудование для села. 2019. № 1. С. 2-6.

5. **Шогенов А.Х., Стребков Д.С., Шогенов Ю.Х.** Аналоговая, цифровая и силовая электроника / Учеб. пособ. под ред. акад. РАН Д.С. Стребкова. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2017. 416 с. ISBN 978-5-9221-1784-59.

6. **Морозов Н.М., Рассказов А.Н.** Животноводство: перспективы цифрового развития отрасли // Техника и оборудование для села. 2020. № 10 (280). С. 2-5.

7. **Стребков Д.С., Шогенов Ю.Х., Бобовников Н.Ю.** Повышение эффективности солнечных электростанций // Инженерные технологии и системы (Web of Sciences). 2020. Т.30. № 3. С. 480-497. DOI: 10.15507/2658-4123.029.201904. ISSN 2658-4123 (Print), 2658-6525 (On-line).

8. **Черноиванов В.И., Денисов В.А., Катаев Ю.В., Соломашкин А.А.** Новая стратегия технического обслуживания и ремонта машин // Техника и оборудование для села. 2021. № 9 (291). С. 33-36.

9. **Федоренко В.Ф., Таркинский В.Е.** Цифровые беспроводные технологии для оценки показателей сельскохозяйственной техники // С.-х. машины и технологии. 2020. Т. 14. № 1. С. 10-15.

10. **Попов В.Д., Федоренко В.Ф., Брюханов А.Ю.** Приоритеты экологического развития животноводства России и пути их реализации // Техника и оборудование для села. 2020. № 12 (282). С. 2-5.

11. **Бородин И.Ф., Шогенов Ю.Х., Романовский Ю.М.** Адаптация растений к локальному монохроматическому электромагнитному излучению // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 1999. № 6. С. 46-49.

12. **Ivanov Y., Novikov N.** Digital intelligent microclimate control of livestock farms. / В сборнике: E3S Web of Conferences. 13. Сеп. «13th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness, INTERAGROMASH 2020», 2020. С. 11012.

13. **Shogenov Y.K., Shogenov A.K.** Drying induction motor windings with zero-sequence current // Russian Electrical Engineering. 2021. Т. 92. № 4. С. 217-220.

14. Программа фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021-2030 гг.). Распоряжение Правительства Российской Федерации от 31 декабря 2020 г. № 3684-р. М., 2022. 149 с. Режим доступа: skz00DEvyFOIBtXobzPA3zTyC71c

RAOi.pdf (government.ru) (дата обращения: 14.02.2022).

15. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации (СНТР) (Указ Президента России от 1 декабря 2016 г. № 642). М.: 44 с. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_207967/ (дата обращения: 01.12.2016).

16. Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы. Постановление Правительства Российской Федерации от 25 августа 2017 г. № 996. Режим доступа: <http://mcx.ru/activity/state-support/programs/technical-program/> (дата обращения: 18.09.2017).

17. **ГОСТ 7.32-2017** Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления. М.: ФГУП «Стандартинформ» - ИД «Юриспруденция», 2017. 28 с. (приказом Федераль-

ного агентства по техническому регулированию и метрологии от 24 октября 2017 г. № 1494-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 7.32 – 2017 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июля 2018 г. взамен ГОСТ 7.32 – 2001).

The Results of Scientific Research of Agro-engineering Scientific Organizations on the Development of Digital Systems in Agriculture

Yu.F. Lachuga

(RAS)

A.Yu. Izmaylov, Ya.P. Lobachevskiy

(VIM)

Yu.Kh. Shogenov

(RAS)

Summary. *The main scientific and technical achievements and research results for 2021 of scientific institutions of*

agro-engineering profile of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, which are under the scientific and methodological guidance of the Department of Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences (RAS) in the section of mechanization, electrification and automation in the field of development of new machine technologies, energy-packed agricultural machinery, mobile energy and robotic technical means, digital systems for the production of the main types of competitive agricultural products, the development of efficient energy supply systems using artificial intelligence, renewable energy and modern technical service in the agribusiness.

Keywords: *agricultural machinery, electrification, renewable energy, mobile energy means, digitalization, technical service, automation.*

Продолжение следует в № 4



ПРАВИТЕЛЬСТВО
БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

15-16 июля

Брянская область,
Выгоничский район,
с. Кокино,
БГАУ



agro-32.ru



Организатор: ООО «Центр»
Тел: 8 (473) 233-09-60 Сайт: vfcenter.ru

«Другого у себя не вижу»: почему RSM 2000 так востребован на российских полях?

Тракторы RSM 2000 серии хорошо известны, заслужили репутацию надёжных и универсальных. Это делает их одними из самых популярных для средних и крупных хозяйств.



Двухтысячные – это пропашные тракторы с шарнирно-сочлененной рамой, две входящие в серию модели отличаются мощностью двигателя (380 и 405 л.с. соответственно), но имеют одинаковую базовую комплектацию и набор опций. Считается, что RSM 2000 – тракторы, которые сделаны по принципу «ничего лишнего». Простой, надёжный, безотказный, но в то же время комфортный и современный – так отзываются о RSM 2375 или RSM 2400 владельцы. К основным преимуществам, кроме прочего, относят эффективность: серьезный запас мощности, приспособленность к тяжелой работе, возможность работать круглосуточно, экономичность. Кроме того, машины разрабатывались с учётом особенностей климата и рельефа полей в российских регионах. Важно

и то, что производство тракторов ведётся на российских мощностях, что значительно расширяет возможности их приобретения для хозяйств по всей России.

Обладая более чем необходимым уровнем комфорта (механизаторы хвалят просторную кабину с круговым обзором, удобным поддрессоренным креслом, логично и продуманно расположенными органами управления), RSM 2000 уже в базовой комплектации оснащены всем необходимым для того, чтобы приступить к работе сразу после прибытия в хозяйство: трактор поставляется на спаренных колёсах с трёхточечной навеской и тяговым брусом. Вложений в дополнительную оснастку не требуется, как и переплаты за ненужное.

Александр ЕГОРОВ, генеральный директор сельхозпредприятия ООО К/Х «Егоров А.В.», расположенного в Волгоградской области, по достоинству оценивает базовую комплектацию RSM 2400: «комфортный, лёгкий в обслуживании, мощный и сразу готов к работе».

Выдающиеся эксплуатационные характеристики RSM 2000 обеспечивает продуманная конструкция. Традиционно значительное внимание уделено двигателю. На тракторы устанавливаются двигатели объёмом 10,8 л с электронным управлением, известные своей надёжностью и неприхотливостью. Это максимально адаптированный к непростым российским полям агрегат, гарантирующий быстрый запуск в любую погоду и обладающий большим моторесурсом.

К этому двигателю подобрана оптимальная пара – механическая коробка передач с тремя диапазонами переднего и одним диапазоном заднего хода, в каждом из которых предусмотрено по четыре синхронизированные передачи. Высокий крутящий момент передается от коробки к колесам трактора без потерь на проскальзывание благодаря жёсткой связи между двигателем и колесами, это позволяет сохранить экономное потребление двигателем топлива и обеспечивает трактору должную тяговитость.

Традиционно RSM 2000 отличается качеством и надёжностью подвески. Мосты с внешними бортовыми редукторами созданы специально для работы не только с одинарными, но и со спаренными колесами. При этом

лучше всего тракторы проявляют себя на «спарке»: повышаются сцепные свойства, увеличивается проходимость во влажных условиях, уменьшается давление на почву (в 2 раза по сравнению с одинарными колёсами). Директор МЖК «Альва-фарм» Алексей Руднев вспоминает, как на прошлой уборочной, когда на переувлажнённой почве забуксовал грузовик с зерном общей массой около 40 т, только RSM 2375 оказалось под силу вытащить машину.

Отдельной похвалы владельцев заслуживает и «дружелюбность» трактора в плане обслуживания. Здесь, как говорят механизаторы, всё продумано до мелочей: легкий доступ к радиаторам для очистки, доступность большинства агрегатов, простота регламентных операций. «Техника позволяет и больше отдыхать, и больше зарабатывать, – говорит о серии заместитель главы К(Ф)Х из Бутурлиновского района Воронежской области Владимир Шаповалов и подытоживает: – Хороший трактор, другого я у себя не вижу».

Но самыми важными остаются экономические показатели – стоимость приобретения и владения. С этой позиции в России RSM 2000 – тот самый оптимум. Нет проблем при приобретении, гарантийном и регламентном обслуживании, зато есть возможность участия в программах поддержки и способность закрыть огромный спектр задач на поле. Пожалуй, это главные условия для того, чтобы по-прежнему оставаться лучшим предложением на рынке.



УДК 629.3.01

DOI: 10.33267/2072-9642-2022-3-12-19

Анализ технического уровня современных сельскохозяйственных тракторов тягового класса 4

И.А. Старостин,

канд. техн. наук, ст. науч. сотр.,
starwan@yandex.ru

С.А. Давыдова,

канд. техн. наук, вед. науч. сотр.,
davidova-sa@mail.ru

А.В. Ещин,

канд. техн. наук, ст. науч. сотр.,
eschin-vim@yandex.ru
(ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

В.Я. Гольяпин,

канд. техн. наук, вед. науч. сотр.,
infrast@mail.ru
(ФГБНУ «Росинформагротех»)

Аннотация. Проведен анализ технических характеристик современных сельскохозяйственных тракторов тягового класса 4. Рассмотрены их отличительные особенности, оценен технический уровень и выявлены основные тенденции развития.

Ключевые слова: технические характеристики, двигатель, трансмиссия, ВОМ, гидравлическая система, электронные системы трактора.

Постановка проблемы

Операции основной и предпосевной подготовки почвы, посева сельскохозяйственных культур, мелиоративных (культуртехнических) работ осуществляются сельскохозяйственными тракторами тягового класса 4, которые наиболее востребованы в средних и крупных хозяйствах.

В советский период гусеничный трактор Т-4А тягового класса 4 выпускался на Алтайском тракторном заводе. В настоящее время производство тракторов на данном предприятии прекращено. Для удовлетворения существующей потребности в отечественных сельскохозяйственных тракторах тягового класса 4 было организовано производство тракторов Terrior ATM 5280 на ООО «Агротехмаш»; разработан и поставлен в

серийное производство колесный трактор Кировец К-4 (АО «Петербургский тракторный завод»); колесные тракторы тягового класса 4 (AXION 850) производятся также на предприятии ООО «КЛААС».

В настоящее время потребность в колесных тракторах данного класса тяги оценивается более чем в 28 тыс. ед. [1]. В соответствии с данными аналитической компании «АСМ-холдинг» в 2019 г. в России произведено 5,8 тыс. сельскохозяйственных тракторов, из которых только 0,3 тыс. относятся к тяговому классу 4 [2]. Вследствие низких объемов производства тракторов внутри страны импортируются зарубежные аналоги.

Ведущими зарубежными производителями сельскохозяйственных тракторов являются фирмы «Case», «Claas», «Deutz-Fahr», «Fendt», «JCB», «John Deere», «Massey Ferguson», «New Holland», «Valtra» и др. Представленные на мировом рынке модели сельскохозяйственных тракторов, относящиеся к тяговому классу 4, в большинстве случаев колесные полноприводные.

Мировой рынок сельскохозяйственных тракторов достаточно насыщен различными моделями, что обуславливает высокую конкуренцию между производителями. С целью повышения конкурентоспособности своей продукции производители вынуждены вести постоянный мониторинг имеющейся на рынке техники, выявлять основные направления развития, находить, исследовать и применять новейшие технологические решения, способствующие повышению эксплуатационных показателей и привлекательности выпускаемых тракторов [3].

Сельскохозяйственные производители, со своей стороны, вынуждены

проводить достаточно трудоемкий анализ представленного на рынке широкого ассортимента продукции с целью выбора оптимального для решения задач конкретного хозяйства варианта трактора, обладающего наилучшим сочетанием показателей производительности, энергоэффективности, качества, надежности и экономической эффективности в целом [3, 4].

В связи с изложенным проведение исследований по определению технического уровня представленных на мировом рынке сельскохозяйственных тракторов тягового класса 4 с целью выявления их отличительных особенностей и основных тенденций дальнейшего развития является достаточно актуальным.

Цель исследования – оценить технический уровень и выявить основные направления развития сельскохозяйственных тракторов тягового класса 4.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования выступили технические характеристики и конструктивные особенности современных сельскохозяйственных тракторов тягового класса 4. Оценка проводилась с использованием Межгосударственного стандарта ГОСТ 4.40–84 «Система показателей качества продукции. Тракторы сельскохозяйственные. Номенклатура показателей» и ГОСТ 27021-86 (СТ СЭВ 628-85) «Тракторы сельскохозяйственные и лесохозяйственные. Тяговые классы». Исследовались показатели назначения в соответствии с техническими характеристиками тракторов, представленными производителями в открытых источниках (статистические данные аналити-

ческой компании «АСМ-холдинг», интернет-ресурсы, информационные материалы российских и зарубежных предприятий-изготовителей сельскохозяйственной техники).

Для проведения исследований выбирались производящиеся в России, США, странах СНГ и ЕС модели современных колесных сельскохозяйственных тракторов, для которых расчетное тяговое усилие, определенное по ГОСТ 27021-86, соответствует значениям тягового класса 4.

При проведении исследований использовали методы информационного анализа и синтеза, экспертизы, информационно-аналитического мониторинга.

Результаты исследований и обсуждение

Согласно ГОСТ 27021-86, к тяговому классу 4 относятся тракторы с номинальным тяговым усилием 36-45 кН. Проведенные в соответствии с представленной в стандарте методикой расчеты тяговых усилий позволили выбрать для исследований следующие модели сельскохозяйственных тракторов данного тягового класса: Беларусь 3022, Кировец К-4, Case Magnum 250, Challenger MT645C, Claas AXION 850, Deutz-Fahr 8280 TTV, Fendt 930 Vario, Massey Ferguson MF 8727, McCormick X8.660 VT-Drive, New Holland T 8.320, Steyr 6220 CVT, Terrion ATM 5280, Valtra S 274. Результаты расчета представлены на рис. 1.

Наибольшим тяговым усилием среди рассматриваемых моделей обладают Беларусь 3022 и Steyr 6220 CVT (45,1 кН), наименьшим – Claas AXION 850 (37,8 кН) и Deutz-Fahr 8280 TTV (37,2 кН).

Анализ компоновочных схем рассматриваемых тракторов показывает, что ведущие производители ориентируются преимущественно на выпуск полноприводных моделей классической компоновки с передними управляемыми колесами меньшего диаметра. Из рассматриваемых моделей только Кировец К-4 является полноприводным равноколесным трактором с шарнирно-сочлененной рамой.

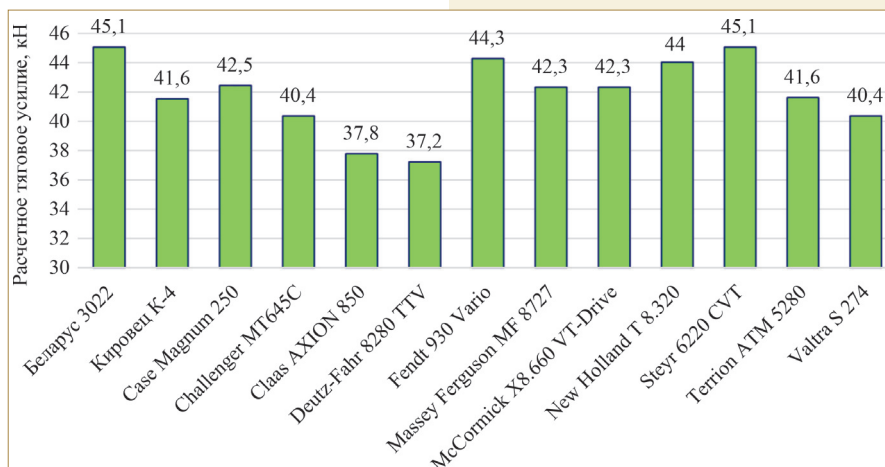


Рис. 1. Расчетное тяговое усилие тракторов

Важнейшей частью трактора является двигатель, от которого зависят основные мощностные, тяговые и скоростные характеристики. В рассматриваемых тракторах все производители используют рядные шестицилиндровые дизельные двигатели внутреннего сгорания. Мощность устанавливаемых двигателей составляет от 171 (Claas AXION 850) до 220 Вт (Беларусь 3022), при этом преобладающее большинство тракторов (62%) оснащено двигателями мощностью 170-190 кВт. В табл. 1 представлены технические характеристики двигателей рассматриваемых моделей тракторов тягового класса 4.

Двигатели имеют объем от 6,1 (Deutz-Fahr 8280 TTV) до 9 л (Fendt 930 Vario), при этом преобладающее большинство моделей (77%) оснащено двигателями с рабочим объемом 6,7-8,7 л.

Крутящий момент применяемых двигателей составляет от 900 (Кировец К-4) до 1550 Н·м (Fendt 930 Vario), у большинства из них (62%) данный показатель составляет 1000-1300 Н·м.

Возможность двигателя преодолевать временные перегрузки характеризуется коэффициентом запаса крутящего момента. Тракторы с высоким значением данного показателя при эксплуатации способны лучше переносить временные перегрузки, продолжать работать без понижения передачи и рабочей скорости. Из рассматриваемых моделей тракторов наибольшим крутящим моментом обладает двигатель тра-

тора Steyr 6220 CVT (42%), наименьшим – Беларусь 3022 (25%). Большинство рассматриваемых моделей (62%) имеет запас крутящего момента двигателя 30-40%.

Топливная экономичность двигателей характеризуется показателем удельного расхода топлива. Согласно заявленному производителем характеристикам наименьшим показателем удельного расхода топлива обладает Terrion ATM 5280 – 210 г/кВт·ч, а по результатам испытаний DLG, удельный расход топлива составил 286 г/кВт·ч [5]. Заявленный удельный расход топлива трактора Кировец К-4 – 229 г/кВт·ч, что является лучшим показателем по сравнению с тракторами Беларусь 3022 и Claas AXION 850.

В настоящее время вопрос экологичности двигателей достаточно актуален. Уровень вредности выхлопных газов характеризуется экологическим классом. Действующие экологические нормы в России, установленные ГОСТ Р 41.96-2011, эквивалентны по своим требованиям нормам Stage III [6]. Анализ представленных производителями данных об экологическом классе двигателей показывает, что большая часть рассматриваемых тракторов (77%) соответствуют действующим нормам. Низкие экологические показатели имеют двигатели тракторов Беларусь 3022, Case Magnum 250, New Holland T 8.320.

Для повышения мощностных характеристик двигателей, снижения расхода топлива и вредности отра-

Таблица 1. Характеристики двигателей тракторов

Марка и модель трактора	Марка двигателя	Номинальная мощность, кВт / л.с.	Объем, л	Максимальный крутящий момент, Н·м	Коэффициент запаса крутящего момента, %	Удельный расход топлива, г/кВт·ч	Экологический класс
Беларус 3022	Д-262S2	220/300	7,98	1320	25	248	Stage II
Кировец К-4	ЯМЗ-53625	177/240	6,65	900	35	229	Stage IIIa
Case Magnum 250	FPT	184/250	8,70	1407	40	Н.д.	Tier 2
Challenger MT645C	Citius 84 CTA	177/240	8,40	1185	Н.д.	Н.д.	Tier 3
Claas AXION 850	DPS-ECE R 24	171/233	6,80	1020	40	248*	Stage IIIa
Deutz-Fahr 8280 TTV	TTCD 6.4 L4	197/268	6,10	1226	28	Н.д.	Stage III
Fendt 930 Vario	MAN	217/296	9,00	1550	27	Н.д.	Stage V
Massey Ferguson MF 8727	AGCO POWER 84WI	188/255	8,40	1185	32	Н.д.	Tier 3
McCormick X8.660 VT-Drive	BETAPOWER	190/258	6,70	1132	37	Н.д.	Tier 4
New Holland T 8.320	Cursor 9	184/250	8,70	1407	40	Н.д.	Tier 2
Steyr 6220 CVT	ECOTECH	177/240	6,73	1100	42	Н.д.	Stage IV
Terrion ATM 5280	Deutz BF 6M 1013 FC	205/275	7,14	1050	30	210 / 286*	Euro 3
Valtra S 274	AGCO POWER 84AWF	199/270	8,40	1220	32	Н.д.	Tier 4

* По данным испытаний DLG – Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (Немецкое сельскохозяйственное общество).

ботавших газов производители применяют различные конструктивные решения. На всех рассматриваемых моделях применяется турбонаддув с системой охлаждения наддувочного воздуха (интеркуллер), причем часто используются турбины с изменяемой геометрией (Case Magnum 250, Claas AXION 850, Fendt 930 Vario и др.) и двухступенчатый турбонаддув (Deutz-Fahr 8280 TTV). Практически на всех моделях тракторов установлены двигатели, имеющие систему впрыска Common Rail с электронным управлением. Лишь Беларус 3022 оснащен двигателем с механической топливной системой. Четырехклапанная система газораспределения и электронные системы управления мощностью также получили широкое распространение среди рассматриваемых тракторов, при этом на тракторах Беларус 3022 и Кировец К-4 данных систем нет.

В исследуемых моделях применяются полуавтоматические и автоматические трансмиссии. При этом большинство из них оснащено автоматическими бесступенчатыми гидрообъемно-механическими коробками передач (54%) и автоматическими ступенчатыми короб-

ками передач с переключением без разрыва потока мощности (31%). Только на тракторах Беларус 3022 и Terrion ATM 5280 применяются полуавтоматические ступенчатые коробки передач с переключением без разрыва потока мощности (табл. 2).

Конструкция трансмиссии трактора играет значительную роль в повышении эффективности использования мощности двигателя, производительности и топливной экономичности агрегата. Большое число передач позволяет выбрать для каждой технологической операции оптимальный скоростной режим. Бесступенчатая трансмиссия имеет в этом плане бесспорное преимущество, поскольку позволяет максимально эффективно приспособиться к конкретным условиям проведения работ. Среди тракторов со ступенчатыми коробками передач число передач переднего хода составляет 16-40, заднего – 4-40, при этом наибольшее число передач переднего и заднего хода имеет New Holland T 8.320, наименьшее число передач переднего хода – Кировец К-4, заднего хода – Case Magnum 250 и Terrion ATM 5280. Только Claas AXION 850 и New

Holland T 8.320 оснащены реверсом на все передачи, на остальных тракторах применяются отдельные передачи заднего хода или реверс на все передачи в пределах одного диапазона.

Скоростные характеристики трактора могут иметь серьезное значение при выполнении различных технологических операций. Так, при работе с уборочными машинами могут потребоваться достаточно низкие скорости движения, а на транспортных работах высокая скорость будет способствовать повышению эффективности транспортного агрегата. Среди рассматриваемых тракторов преобладающее большинство (69%) имеет возможность выполнения работ на скоростях переднего хода ниже 1 км/ч. Тракторы Case Magnum 250 и New Holland T 8.320 имеют минимальную скорость движения выше 3 км/ч, Кировец К-4 – свыше 5 км/ч. Максимальная транспортная скорость движения вперед рассматриваемых тракторов преимущественно не превышает 40 км/ч. Максимальную скорость движения вперед 50 км/ч имеют 23% рассматриваемых моделей; 60 км/ч – 15% тракторов, что предопределяет более высокую эффективность проведения транс-

Таблица 2. Характеристика трансмиссий тракторов

Марка / модель трактора	Тип коробки передач, число передач вперед/назад	Скорость движения, км/ч	
		вперед	назад
Беларус 3022	Полуавтоматическая с переключением передач без разрыва потока мощности, 36/24	0,38-40	0,41-20,1
Кировец К-4	Автоматическая с переключением передач без разрыва потока мощности, 16/8	5,8-40	6-35
Case Magnum 250	Автоматическая с переключением передач без разрыва потока мощности, 19/4	3,34-50	4,81-12,86
Challenger MT645C	Автоматическая бесступенчатая, гидрообъемно-механическая с двумя диапазонами	0,03-40	1,58-40
Claas AXION 850	Автоматическая с переключением передач без разрыва потока мощности, 24/24	1,58-40	1,58-40
Deutz-Fahr 8280 TTV	Автоматическая бесступенчатая, гидрообъемно-механическая	0-60	0-60
Fendt 930 Vario	Автоматическая бесступенчатая, гидрообъемно-механическая	0,02-60	0,02-33
Massey Ferguson MF 8727	Автоматическая бесступенчатая, гидрообъемно-механическая	0,03-50	0,03-38
McCormick X8.660 VT-Drive	Автоматическая бесступенчатая, гидрообъемно-механическая с 4 диапазонами	0,05-40	0,05-30
New Holland T 8.320	Автоматическая с переключением четырех передач внутри диапазона без разрыва потока мощности, 40/40	3,35-40	3,35-40
Steyr 6220 CVT	Автоматическая бесступенчатая, гидрообъемно-механическая	0-40	0-40
Terrion ATM 5280	Полуавтоматическая с переключением передач без разрыва потока мощности, 18/4	0,45-40	0,45-40
Valtra S 274	Автоматическая бесступенчатая, гидрообъемно-механическая	0,03-50	0,03-38

портных работ данными тракторами в агрегате с прицепами.

Среди рассматриваемых тракторов большинство (62%) имеет минимальную скорость заднего хода ниже 1 км/ч, трактор New Holland T 8.320 – свыше 3 км/ч, Case Magnum 250 – свыше 4 км/ч, а Кировец К-4 – 6 км/ч. Высокие минимальные скорости заднего хода могут вызвать затруднения при выполнении мелиоративных работ с мульчерами или ротаваторами. Максимальная скорость движения назад рассматриваемых тракторов достигает 40 км/ч.

При выполнении сельскохозяйственных работ большое значение имеют размеры, маневренность и масса сельскохозяйственных тракторов (табл. 3).

Наименьшую длину среди рассматриваемых моделей тракторов имеет Challenger MT645C – 4868 мм, ширину – Steyr 6220 CVT – 2476 мм, высоту – New Holland T 8.320 – 2475 мм.

Необходимо отметить, что габаритная ширина тракторов Challenger MT645C, Fendt 930 Vario и McCormick X8.660 VT-Drive превышает установленные в Российской Федерации законодательные нормы предельной габаритной ширины в 2550 мм, что может вызвать затруднения (запрет) при передвижении данных тракторов по дорогам общего пользования.

Дорожный просвет является одним из геометрических параметров проходимости трактора. В существующих требованиях не регламентируется значение данного показателя для колесных тракторов тягового класса 4. Для приближенной оценки будем ориентироваться на требования к тракторам тяговых классов 3 и 5. Дорожный просвет для колесных тракторов общего назначения тягового класса 3 должен составлять не менее 400 мм, для тягового класса 5 – 540 мм [7]. Данным требованиям не соответствует трактор New Holland T 8.320,

у которого данный показатель составляет 378 мм. При этом только 23% рассматриваемых моделей имеют дорожный просвет более 540 мм, т.е. соответствуют требованиям к тракторам тягового класса 5.

Колея передних колес рассматриваемых тракторов составляет от 1500 (Terrion ATM 5280) до 2260 мм (Steyr 6220 CVT), задних – от 1470 (Case Magnum 250) до 2566 мм (Беларус 3022). Колесная база является одним из определяющих факторов продольной устойчивости трактора. Рассматриваемые модели тракторов имеют колесную базу от 2884 (Steyr 6220 CVT) до 3450 мм (New Holland T 8.320). При этом 77% из них имеют колесную базу 2950-3150 мм.

Наименьший радиус поворота трактора характеризует маневренность. В существующих требованиях не регламентируется значение данного показателя для колесных тракторов

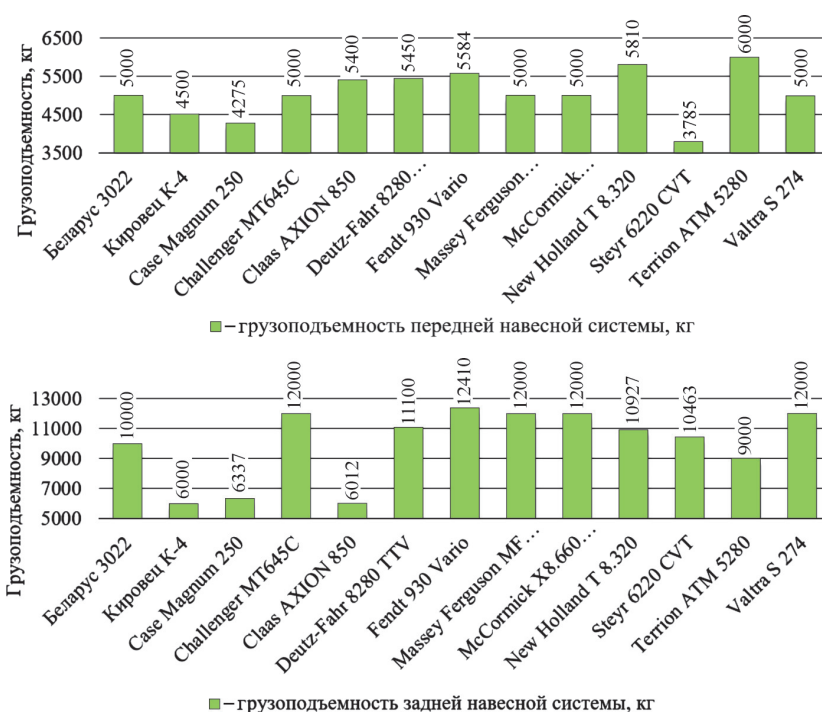
Таблица 3. Размерные характеристики, маневренность и масса тракторов

Марка / модель трактора	Габаритные размеры (дЧшЧв), мм	Дорожный просвет, мм	Колея передних/ задних колес, мм	Колесная база, мм	Минимальный радиус разворота, м	Эксплуатационная масса, кг
Беларус 3022	6400×2480×3150	500	1830-2150/2306-2566	2960	5,5	11500
Кировец К-4	6971×2540×3505	500	1930/1930	3140	6,2	10600
Case Magnum 250	6295×2550×3105	Н.д.	1560-2256/1470-2294	3105	4,8	10830
Challenger MT645C	4868×3575×3482	570	Н.д.	3105	5,01	10300
Claas AXION 850	5684×Н.д.×3203	564	1995 / 1995	2985	5,19	9643
Deutz-Fahr 8280 TTV	5100×2550×3300	480	Н.д.	2918	Н.д.	9500
Fendt 930 Vario	5655×2710×3335	553	2100 / 2200	3150	6,1	11300
Massey Ferguson MF 8727	6200×2550×3428	Н.д.	Н.д.	3100	Н.д.	10800
McCormick X8.660 VT-Drive	5750×2930×3400	520	Н.д.	3000	5,5	10800
New Holland T 8.320	6247×2534×2475	378	1727-2235 / 1727-2235	3450	4,97	11235
Steyr 6220 CVT	5467×2476×3068	Н.д.	1538-2260 / 1530-2230	2884	6,1	11500
Terrion ATM 5280	5800×2510×3220	500	1500-2250 / 1500-2250	3070	8,4*	10620
Valtra S 274	5670×2550×3382	472	Н.д.	3105	7,4	10300

* По данным испытаний DLG – Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (Немецкое сельскохозяйственное общество).

тягового класса 4. Для колесных тракторов тягового класса 3 наименьший радиус поворота должен составлять не более 6,5 м, а для тягового класса 5-7,2 м [7]. Требованиям к тракторам тяговых классов 3 и 5 не соответствуют модели Terrion ATM 5280 и Valtra S 274. Наименьший радиус поворота имеет Case Magnum 250 – 4,8 м. New Holland T 8.320 при наибольшей колесной базе имеет небольшой радиус поворота – 4,97 м.

Одним из факторов, характеризующих навесоспособность трактора, является грузоподъемность навесной системы. Особенно важен данный параметр при агрегатировании с навесными и полуприцепными машинами. Среди исследуемых тракторов наивысшей грузоподъемностью навесной системы обладают Fendt 930 Vario – 12410 кг; Challenger MT645C, Massey Ferguson MF 8727, McCormick X8.660 VT-Drive и Valtra S 274 – по 12000 кг, наименьшей – Кировец К-4 – 6000 кг; Case Magnum 250 – 6337 кг; Claas AXION 850 – 6012 кг, что может вызвать затруднения при работе с тяжелыми навесными и полуприцепными машинами. Большинство рассматриваемых моделей (62%) имеет грузоподъемность навесной системы 10 000-12 000 кг (рис. 2).


Рис. 2. Грузоподъемность передней и задней навесных систем тракторов

Передняя навесная система опционально может устанавливаться на все рассматриваемые модели. Ее грузоподъемность составляет от 3785 (Steyr 6220 CVT) до 6000 кг (Terrion ATM 5280), при этом у 62% моделей данный показатель составляет 4500-5500 кг.

Для привода рабочих органов современных сельскохозяйственных машин часто используется гидравлический привод, питающийся от гидравлической системы трактора. Для агрегатирования с такими машинами и эффективного выполнения технологических операций требуется

гидравлическая система с высоким уровнем производительности. Рассматриваемые модели тракторов имеют производительность гидравлической системы от 110 л/мин (Terrior ATM 5280) до 282 л/мин (Case Magnum 250). У 46 % тракторов производительность гидравлической системы составляет 205-220 л/мин (рис. 3). Давление в гидравлической системе рассматриваемых сельскохозяйственных тракторов составляет 200-220 бар.

Привод активных рабочих органов современных сельскохозяйственных машин в большинстве случаев осуществляется от вала отбора мощности (ВОМ), характеристики которого зачастую обуславливают производительность агрегата и качество проведения технологической операции при работе трактора с такими машинами. Среди рассматриваемых моделей тракторов 38% (Кировец К-4, Case Magnum 250, Challenger MT645C, Claas AXION 850, New Holland T 8.320) имеют двухступенчатый ВОМ с режимами работы 540/1000. Остальные модели имеют различные типы ВОМ:

Fendt 930 Vario – трехступенчатый ВОМ с режимами работы 540/540E/1000;

Terrior ATM 5280 – трехступенчатый ВОМ с режимами работы 540/750/1000;

McCormick X8.660 VT-Drive – трехступенчатый ВОМ с режимами работы 540/1000/1000 E;

Deutz-Fahr 8280 TTV и Massey Ferguson MF 8727 – трехступенчатый ВОМ с режимами работы 540E/1000/1000 E;

Steyr 6220 CVT – четырехступенчатый ВОМ с режимами работы 540/540E/1000/1000 E;

Беларус 3022 – двухступенчатый ВОМ с режимами работы 1000/1450;

Valtra S 274 имеет на выбор двухступенчатые ВОМ с режимами работы 540E/1000 или 1000/1000 E.

Применение трех- и четырехскоростных ВОМ с экономичными режимами позволяет наиболее эффективно использовать мощность двигателя и добиться высоких показателей топливной экономичности.

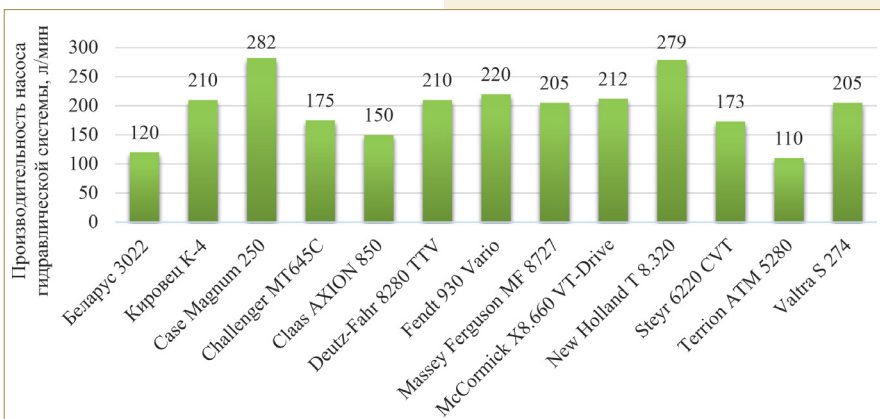


Рис. 3. Производительность насоса гидравлической системы тракторов

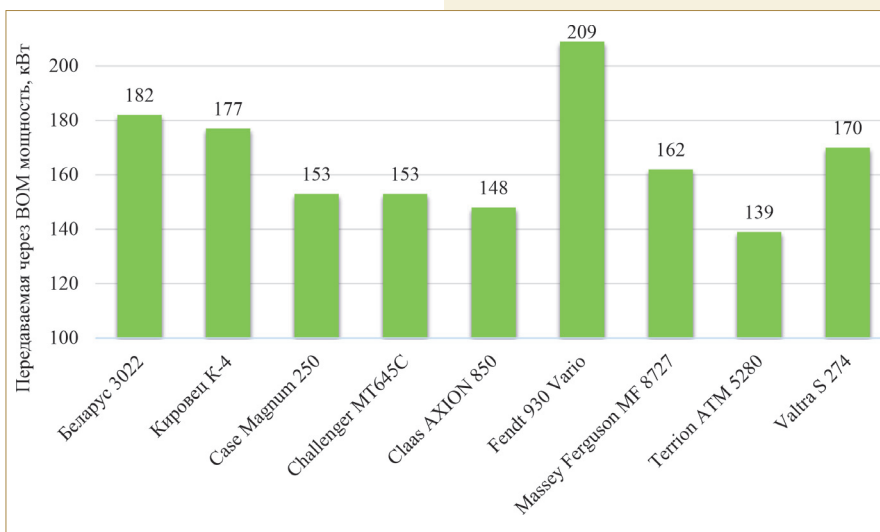


Рис. 4. Мощность, передаваемая через ВОМ тракторов

Среди рассматриваемых моделей тракторов в соответствии с представленными производителями данными наименьшую передаваемую на ВОМ мощность имеет Terrior ATM 5280 – 139 кВт (68% мощности установленного двигателя), а наибольшую – Fendt 930 Vario – 209 кВт (96% мощности установленного двигателя). Преобладающее число тракторов имеют возможность передавать через ВОМ мощность 150-170 кВт, что составляет 83-85% мощности установленных двигателей (рис. 4).

Опционально на большинство рассматриваемых моделей тракторов может устанавливаться передний односкоростной ВОМ с частотой вращения 1000 мин⁻¹.

Анализ предоставляемой производителями тракторов информации

показывает, что одним из основных направлений развития является повышение мощностных характеристик двигателей, снижение удельного расхода топлива, обеспечение соответствия постоянно повышающимся экологическим требованиям, в первую очередь, путем совершенствования конструкций двигателей, применения одноступенчатого и двухступенчатого турбонаддува, охлаждения наддувочного воздуха, турбин с изменяемой геометрией, четырехклапанных систем газораспределения, электронных топливных систем, электронных систем управления режимами работы двигателя и др. [8, 9]

Для повышения эффективности выполнения сельскохозяйственных работ все больше производителей используют автоматические бесступенчатые трансмиссии, которые

благодаря применению электронных систем согласованного управления двигателем и трансмиссией позволяют поддерживать оптимальный режим работы, обеспечивающий наивысшие показатели топливной экономичности и производительности. Для повышения эффективности проведения транспортных работ и снижения времени, затрачиваемого на перегоны техники, производители повышают транспортные скорости движения до 40 км/ч и выше. С целью обеспечения безопасности движения при таких скоростях совершенствуются тормозные системы, применяются тормозные системы переднего моста.

Снижение негативного воздействия ходовых систем тракторов на почву и повышение тягового усилия обеспечиваются внедрением автоматических систем поддержания определенного давления в шинах, адаптирующихся к текущим условиям проведения работ. Некоторые производители предлагают при проведении полевых работ использовать сменные модули с резиноармированными гусеницами, которые позволяют существенно снизить удельное давление на почву и обеспечивают возможность проведения работ в тяжелых полевых условиях.

Повышаются передаваемые через ВОМ мощности, растет значение гидропривода рабочих органов машин, что требует повышения производительности насосов гидравлических систем. В тракторах все чаще используют трех- и четырехступенчатые ВОМ с экономичными режимами, способствующие повышению эффективности использования мощности двигателя и его топливной экономичности.

Для улучшения условий работы оператора используются системы поддрессирования сидения, кабины и переднего моста трактора. Применяются различные электронные системы и помощники, позволяющие сократить число действий оператора, минимизировать его участие в выполнении монотонных повторяющихся операций, обеспечить движение по прямолинейной или заданной траектории, автоматически включать и

отключать ВОМ, поднимать и опускать орудия, осуществлять разворот машины, что уменьшает негативное влияние человеческого фактора на технологический процесс. Внедрение таких систем является одним из этапов перехода к цифровому сельскому хозяйству, формированию системы роботизированных технических средств для сельскохозяйственного производства [10-12].

Выводы

1. Производителями в основном выпускаются тракторы тягового класса 4 как полноприводные колесные, классической компоновки. На них устанавливаются рядные шестицилиндровые дизельные двигатели, имеющие преимущественно мощность 170-190 кВт, объем – 6,7-8,7 л, крутящий момент – 1000-1300 Н·м. Преобладающее большинство рассмотренных моделей (62%) имеют достаточно высокий запас крутящего момента двигателей – 30-40%. Соответствуют действующим в России экологическим нормам 77% тракторов. На 54% тракторов установлены автоматические бесступенчатые гидрообъемно-механические коробки передач, на 31% – автоматические ступенчатые коробки передач с переключением передач без разрыва потока мощности. Тракторы со ступенчатыми коробками передач имеют 16-40 передач переднего и 4-40 передач заднего хода. 69% тракторов могут выполнять работы на скоростях переднего хода ниже 1 км/ч. Максимальная транспортная скорость движения вперед преимущественно не превышает 40 км/ч, при этом максимальную скорость движения вперед 50 км/ч имеют 23% моделей, а 60 км/ч – 15%. Минимальную скорость заднего хода ниже 1 км/ч обеспечивают 62% тракторов, при этом максимальная скорость движения назад составляет 40 км/ч.

2. Габаритная ширина 23% тракторов превышает установленные в Российской Федерации законодательные нормы, что может вызывать затруднения при передвижении по дорогам общего пользования. Почти все рассматриваемые

тракторы имеют дорожный просвет более 400 мм, а 23% моделей – более 540 мм. Среди исследуемых тракторов 77% имеют колесную базу 2950-3150 мм; 85% – наименьший радиус поворота менее 6,5 м.

3. Преобладающее большинство рассматриваемых моделей (62%) имеют заднюю и переднюю навесные системы грузоподъемностью 10000-12000 и 4500-5500 кг соответственно. Производительность гидравлической системы составляет 110-282 л/мин, при этом у 46% тракторов – 205-220 л/мин, давление в гидравлической системе – 200-220 бар. 38% тракторов имеют двухступенчатый ВОМ с режимами работы 540/1000, остальные модели – различные типы ВОМ, преимущественно трехступенчатые, с различными комбинациями режимов: 540/540Е/750/1000/1000 Е/1450. Преобладающее большинство тракторов имеют возможность передавать через ВОМ мощность 150-170 кВт, что составляет 83-85% мощности установленных двигателей. Опционально на большинстве рассмотренных моделей тракторов имеется возможность установить передний односкоростной ВОМ с частотой вращения 1000 мин⁻¹.

4. Основными направлениями дальнейшего развития сельскохозяйственных тракторов тягового класса 4 являются: повышение мощностных характеристик двигателей, снижение удельного расхода топлива, обеспечение соответствия экологическим требованиям, что достигается путем совершенствования конструкций двигателей, в том числе применения одно- и двухступенчатого турбонаддува, охлаждения наддувочного воздуха, турбин с изменяемой геометрией, четырехклапанной системы газораспределения, электронных систем управления режимами работы двигателя, применения автоматических бесступенчатых трансмиссий, электронных систем согласованного управления двигателем и трансмиссией, совершенствование тормозных систем, применение тормозных систем на переднем мосту. Для снижения негативного воздействия ходовых систем тракторов на почву и повышения тягового усилия произ-

водители применяют автоматические системы поддержания определенного давления в шинах трактора и сменные модули с резиноармированными гусеницами. Расширяется применение трех- и четырехступенчатых ВОМ с экономичными режимами работы, повышается передаваемая через ВОМ мощность, увеличивается производительность насосов гидравлических систем тракторов. Улучшаются условия и эффективность работы оператора. Внедрение систем, обеспечивающих движение по заданной траектории, управление ВОМ и гидравлической системой, является одним из этапов перехода к цифровому сельскому хозяйству, формированию беспилотных мобильных энергетических средств сельскохозяйственного назначения.

Список

использованных источников

1. Старостин И.А., Загоруйко М.Г. Материально-техническая база сельского хозяйства: обеспеченность тракторами и состояние тракторостроения // Аграрный научный журнал. 2020. № 10. С. 136-130.
2. Производство и продажа тракторной и сельскохозяйственной техники производителями России и других стран СНГ: аналит. обзор. М.: ОАО «АСМ-холдинг», 2019. 107 с.
3. Дорохов А.С. Эффективность оценки качества сельскохозяйственной техники

и запасных частей // Вест. ФГОУ ВПО МГАУ им. В.П. Горячкина. 2015. № 1 (65). С. 31-35.

4. Семейкин В.А., Дорохов А.С. Экономическая эффективность входного контроля качества сельскохозяйственной техники // Вест. ФГОУ ВПО МГАУ им. В.П. Горячкина. 2009. № 7 (38). С. 15-17.

5. DLG Powermix [Электронный ресурс]. URL: <https://www.dlg.org/fileadmin/pow-ermixapp/> (дата обращения: 02.06.2021).

6. Davydova S. A. and Starostin I. A. Compliance of modern agricultural tractors presented on Russian market with global emission standards // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. № 659 (2021) 012119. DOI 10.1088/1755-1315/659/1/01211.

7. Система критериев качества, надежности, экономической эффективности сельскохозяйственной техники: инструктивно-метод. издание. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. 188 с.

8. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Дорохов А.С., Сибирев А.В., Крючков В.А., Сазонов Н.В. Современные технологии и техника для сельского хозяйства – тенденции выставки AGRITECHNIKA 2019 // Тракторы и сельхозмашины. 2020. № 6. С. 28-40.

9. Goltypin V., Golubev I. Global trends in the development of monitoring systems for mobile agricultural equipment // В сб.: E3S Web of Conferences. Key Trends in Transportation Innovation, КТТИ 2019. 2020. С. 01013.

10. Лачуга Ю.Ф., Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Дорохов А.С., Самсонов В.А. Приоритетные направления научно-технического развития отечественного тракторостроения // Техника и оборудование для села. 2021. № 2 (284). С. 2-7.

11. Izmailov A.Y. Intelligent technologies and robotic means in agricultural production // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2019. Т. 89. № 2. С. 209-210.

12. Goel R.K., Yadav C.S., Vishnoi S., Rastogi R. Smart agriculture – Urgent need of the day in developing countries // Sustainable Computing: Informatics and Systems. Т. 30. June 2021. No 100512.

Analysis of the Technical Level of Modern Agricultural Tractors of Traction Class 4

I.A. Starostin, S.A. Davydova, A.V. Eshchin

(VIM)

V.Ya. Goltypin

(Rosinformagrotekh)

Summary. Specifications of current agricultural tractors of traction class 4 are analyzed, their distinctive features and main development trends are identified.

Keywords: specifications, engine, power transmission, power take-off shaft (PTO), hydraulic system, tractor electronic systems.



УДК 631.672.4

DOI: 10.33267/2072-9642-2022-3-20-25

Эффективное применение сборно-разборных трубопроводов для орошения

Е.А. Улюкина,

д-р техн. наук, доц.
eulykina@rgau-msha.ru

А.А. Прохоров,

аспирант
aleks_proh@mail.ru
(ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА
имени К.А. Тимирязева»)

И.Г. Голубев,

д-р техн. наук, проф., зав. отделом,
golubev@rosinformagrotech.ru
(ФГБНУ «Росинформагротех»)

Аннотация. Рассмотрены конструкции сборно-разборного трубопровода для мобильных оросительных систем. Проанализированы достоинства и недостатки трубопроводов, изготовленных из различных материалов. Предложено несколько новых технических решений – подвижное соединение труб, быстросоразъемное подвижное соединение труб, устройство для демонтажа сборно-разборных трубопроводов, линейный элемент сборно-разборного трубопровода, которые позволяют повысить эффективность трубопроводов для оросительных сетей.

Ключевые слова: оросительные системы, сборно-разборные трубопроводы, композитные материалы.

Постановка проблемы

Результаты многолетних наблюдений за изменением климата свидетельствуют о постепенном повышении среднегодовых температур и снижении количества осадков в земледельческой зоне России. В связи с этим существуют высокие риски роста доли сельскохозяйственных земель, расположенных в зонах недостаточного увлажнения. Увеличение продолжительности засушливых периодов является причиной снижения урожайности в отдельных регионах [1].

Использование орошения является важным условием интенсификации сельскохозяйственного производства и обеспечения высокой урожайности. Развитие оросительных систем и поддержание их в рабочем состоянии приобретают особое значение для обеспечения продовольственной безопасности государства. Для повышения эффективности использования мелиорированных земель необходимо поднять уровень технической оснащенности мелиоративной отрасли, внедрять новые технологии и технику для выполнения комплекса работ по реконструкции и капитальному ремонту, модернизации и техническому перевооружению мелиоративных систем [2].

Рациональным решением в существующих условиях является применение мобильных оросительных систем, состоящих из передвижных насосных станций, набора различной дождевальной техники, а также быстросборных трубопроводов, располагаемых на поверхности поля [3]. Наличие таких комплексов в хозяйстве обеспечивает возможность оперативного перемещения оборудования.

Быстросборные трубопроводы являются одним из основных элементов, определяющих надежность функционирования оросительной системы. Традиционно в сельскохозяйственном производстве для оросительных систем использовались стальные трубы, которые довольно быстро разрушались в результате коррозии.

Замена стальных трубопроводов трубами из композитных полимерных материалов позволяет решить данную проблему. Последние не подвержены коррозии, более легкие и прочные, удобны в монтаже и перевозке, срок их службы (до 50 лет) в 4-5 раз пре-

вышает срок службы стальных труб (10-12 лет) [4].

В большинстве случаев при прокладке трубопровода на местности возникает его изгиб как в горизонтальной (изменение направления прокладки), так и в вертикальной (копирование профиля местности и провисание отдельных участков) плоскостях. Соединения труб (на примере соединения «Раструб») имеют малую угловую подвижность (1,3-2 ϵ), определяющую «жесткость» линии сборно-разборного трубопровода, которая при определенных условиях может спровоцировать разрыв соединений труб либо разгерметизацию тела стальной трубы в местах сварных швов, в том числе вследствие коррозии.

Анализ основных причин возникновения аварий и неисправностей при эксплуатации сборно-разборных трубопроводов (на примере трубопроводов ПМТ и ПМТП) показывает, что основной причиной разгерметизации трубопровода (57% всех случаев) является несовершенство конструкции соединения труб [5].

Таким образом, разработка и внедрение конструкций соединений, обеспечивающих увеличение угла предельного поворота труб, а также применение для изготовления труб композитных материалов, характеристики которых минимизировали бы вероятность нарушения прочности конструкции вследствие изгибающих нагрузок, позволят обеспечить эффективную эксплуатацию трубопроводов оросительных систем на участках с различным рельефом за счет снижения жесткости линии сборно-разборного трубопровода в 3 и более раза.

Цель исследований – повышение эффективности сборно-разборных

трубопроводов путем применения труб из композитных материалов с подвижными соединениями.

Материалы и методы исследования

Для исследований была использована электромеханическая универсальная испытательная машина Instron 5882 (100 кН) с регистрирующим программно-аппаратным комплексом Instron 5800. Испытательная оснастка на растяжение плоских образцов: механические клиновые захваты для испытания плоских образцов на растяжение, ширина клиновых захватов (губок) – 40 мм, рабочая длина – 55 мм. Испытательная оснастка на растяжение кольцевых образцов состоит из двух полудисков с самоцентрированием. Измерительная аппаратура: датчик силоизмерительный тензометрический 100 кН, экстензометр для измерения продольной деформации Epsilon 3542-050M-100-ST, класс точности В1. База измерения деформации – 50 мм.

Образцы стеклопластика с применением ангидридного отвердителя. Плоские образцы: длина – 150 мм, средняя толщина – 3,93 мм, направление нагружения – вдоль оси образца. Кольцевые образцы: диаметр образцов – 170 мм, средняя их площадь – 240,487 мм², направление нагружения – растяжение в окружном направлении кольцевых образцов.

Определение модуля упругости образцов проводилось в соответствии с ГОСТ 25.601-80 и ГОСТ 25.603-82.

Результаты исследований и обсуждение

На основе математического и физического моделирования работы соединений труб и линии сборно-разборного трубопровода при воздействии изгибающих нагрузок [6] определено, что основными характеристиками, определяющими надежность работы трубопровода, являются угловая подвижность труб в соединении и модуль упругости материала труб.

В ходе исследования проведены испытания плоских и кольцевых об-

Таблица 1. Результаты определения модуля упругости плоских образцов стеклопластиковых труб

№ п/п	Метка образца	Толщина, мм	Ширина, мм	Нагрузка, 0,4 Р _{кр} , кН	Напряжение, 0,4σв, МПа	Модуль упругости, МПа (диапазон 0,25-0,5% ML)
1	Ang-2	4,010	10,320	3,593	86,815	13 941,602
2	Ang -2	4,010	10,320	3,624	87,573	14 209,035
3	Ang -2	4,010	10,320	3,598	86,932	14 278,913
4	Ang-3	3,880	10,150	3,614	91,768	15 115,295
5	Ang-3	3,880	10,150	3,617	91,833	15 465,525
6	Ang-3	3,880	10,150	3,592	91,205	14 974,913
7	Ang-4	4,020	10,420	3,609	86,150	13 299,779
8	Ang-4	4,020	10,420	3,619	86,397	13 055,235
9	Ang-4	4,020	10,420	3,664	87,472	12 813,086
10	Ang-5	3,860	10,520	3,597	88,573	14 766,816
11	Ang-5	3,860	10,520	3,561	87,699	14 537,967
12	Ang-5	3,860	10,520	3,587	88,336	14 694,146
13	Ang-6	3,900	10,350	3,676	91,065	13 101,522
14	Ang-6	3,900	10,350	3,658	90,635	13 271,487
15	Ang-6	3,900	10,350	3,704	91,765	13 203,783
15	Ang-7	4,010	10,410	3,600	86,242	14 766,577
16	Ang-7	4,010	10,410	3,573	85,600	14 145,470
17	Ang-7	4,010	10,410	3,597	86,164	14 052,111
Среднее арифметическое		3,947	10,362	3,616	88,457	14 094,070
Минимум		3,860	10,150	3,561	85,600	12 813,086
Диапазон		0,160	0,370	0,143	6,233	2 652,439
Максимум		4,020	10,520	3,704	91,833	15 465,525
Коэффициент вариации		1,766	1,129	1,033	2,567	5,718
Стандартное отклонение		0,070	0,117	0,037	2,271	805,937

разцов композитных материалов – стеклопластиковых труб с ангидридным отвердителем в соответствии с методиками, определенными ГОСТ 25.601-80 и ГОСТ 25.603-82. Результаты испытаний представлены в таблицах 1 и 2.

По результатам испытаний установлено, что физико-механические свойства образцов позволяют использовать рассмотренные композитные материалы для изготовления труб сборно-разборных трубопроводов. Полученные в результате испытаний значения модуля упругости (1,4...3,5×10⁴ МПа) значительно меньше среднего значения этого показателя у стали (2×10⁵ МПа). С учетом этого факта надежность работы сборно-разборного трубопровода из композитного материала при прокладке на участках со сложным рельефом

будет обеспечиваться возможностью безопасного уменьшения радиуса изгиба собранной линии труб по сравнению со стальным трубопроводом.

По результатам исследований разработан комплекс технических решений, а именно: подвижное соединение труб, быстроразъемное подвижное соединение труб, линейный элемент сборно-разборного трубопровода из композитного материала, на которые получены патенты на изобретения и полезные модели.

Подвижное соединение труб [7] (рис. 1) позволит осуществлять сборку трубопровода, не обеспечивая строгую соосность труб, как это требуется, например, для ПМТ или ПМТП, что значительно снизит трудозатраты при монтаже линии сборно-разборного трубопровода.

Таблица 2. Результаты определения модуля упругости кольцевых образцов стеклопластиковых труб

№ п/п	Метка образца	Толщина, мм	Ширина, мм	Нагрузка, 0,2 Р _{кр} , кН	Напряжение, 0,2σв, МПа	Модуль упругости, МПа
1	Ang-1	8,100	14,79	14,380	60,018	35 666,36
2	Ang-1	8,100	14,79	14,446	60,293	35 942,11
3	Ang-1	8,100	14,79	14,470	60,391	35 701,22
6	Ang-2	8,070	14,96	16,442	68,096	37 611,73
7	Ang-2	8,070	14,96	16,526	68,442	37 801,77
8	Ang-2	8,070	14,96	16,569	68,622	31 571,17
11	Ang-3	8,100	14,84	16,481	68,553	36 109,01
12	Ang-3	8,100	14,84	16,641	69,219	36 071,26
13	Ang-3	8,100	14,84	16,631	69,177	36 540,22
16	Ang-4	8,200	15,01	16,267	66,080	34 375,97
17	Ang-4	8,200	15,01	16,514	67,086	34 174,83
18	Ang-4	8,200	15,01	16,517	67,096	34 409,59
19	Ang-5	8,100	14,76	16,577	69,326	35 110,05
20	Ang-5	8,100	14,76	16,490	68,965	36 411,65
21	Ang-5	8,100	14,76	16,552	69,224	37 263,34
Среднее арифметическое		8,114	14,872	16,100	66,706	35 650,685
Минимум		8,070	14,760	14,380	60,018	31571,170
Диапазон		0,130	0,250	2,260	9,308	6230,600
Максимум		8,200	15,010	16,641	69,326	37801,770
Коэффициент вариации		0,568	0,675	5,391	5,211	4,448
Стандартное отклонение		0,046	0,100	0,868	3,476	1585,574
Медиана		8,100	14,840	16,514	68,442	35942,110

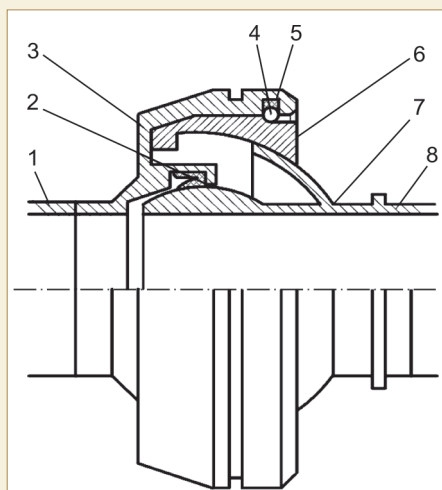


Рис. 1. Подвижное соединение трубопроводов:

1, 8 – труба; 2 – резиновое самоуплотняющееся кольцо; 3 – раструб; 4 – разрезное запорное кольцо; 5 – эластичная прокладка из микропористой резины; 6 – разъемная манжета; 7 – шаровой элемент

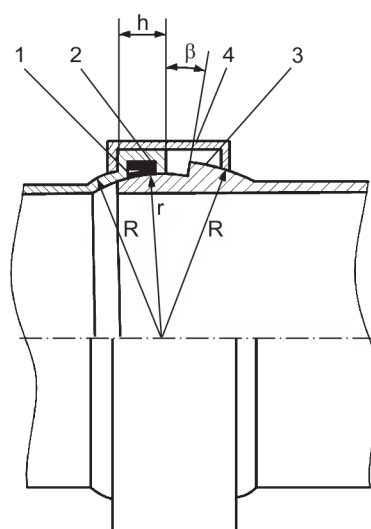


Рис. 2. Быстроразъемное подвижное соединение труб:

1 – раструб; 2 – резиновое самоуплотняющееся кольцо; 3 – шаровой элемент с двумя концентрическими сферическими поверхностями малого r и большого R радиусов; 4 – разъемная манжета, 5 – замковое устройство

Высокая угловая подвижность труб в соединении позволяет прокладывать их на пересеченной местности и обеспечивает безопасную эксплуатацию трубопровода, при этом конструкция соединения исключает возможность расстыковки труб посторонними лицами без помощи специального инструмента, что особенно важно в регионах с высокой плотностью населения и инфраструктуры. Применение труб с подвижными соединениями наиболее оптимально для магистральных линий сборно-разборных трубопроводов.

Сборка труб, оснащенных подвижным соединением, может проводиться механизированным способом с использованием трубомонтажных машин или вручную с помощью специального инструмента. При наличии неровностей рельефа (возвышения, углубления, небольшие овраги и др.) монтаж и демонтаж трубопроводов осуществляется только вручную. Для повышения эффективности процессов сборки (разборки) трубопроводов при монтаже, перебазировании или демонтаже мобильных оросительных систем после завершения сезона их работы разработано специальное устройство для демонтажа сборно-разборных трубопроводов [8].

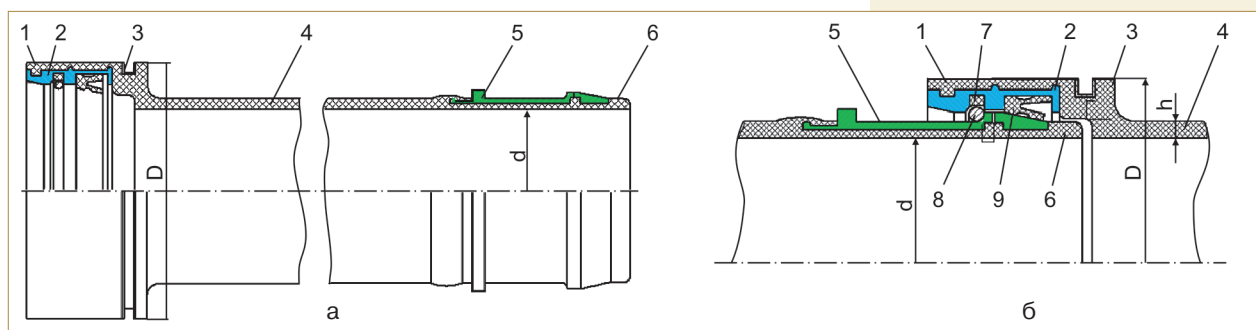


Рис. 3. Линейный элемент сборно-разборного трубопровода:

а – линейный элемент; б – раструбное соединение; 1 – раструб; 2 – металлическая вставка раструба; 3 – проточка для инструмента; 4 – композитная труба; 5 – металлическая вставка манжеты; 6 – манжета; 7 – эластичная прокладка для амортизации запорного кольца; 8 – запорное кольцо; 9 – уплотнение соединения (типа «ласточкин хвост»)

Для трубопроводов обвязки перекачивающих станций, узлов подключения оросительной техники целесообразно использование быстроразъемного подвижного соединения труб [9] (рис. 2).

Быстроразъемное соединение труб состоит из раструба с уплотнением, манжеты с двумя концентрическими сферическими поверхностями, а также разъемной манжеты. Особенностью соединения является конструкция разъемной манжеты, которая состоит из двух симметричных колец П-образной формы. Торцы манжеты имеют возможность скольжения по сферической поверхности большего радиуса за счет наличия закруглений соответствующего радиуса. Крепление манжеты осуществляется с помощью замка (может применяться любое устройство). Применение труб с быстроразъемными подвижными соединениями не требует специальной оснастки для сборки линии трубопровода.

Особенностью разработанной в ходе исследования конструкции линейного элемента сборно-разборного трубопровода с применением композитного материала (рис. 3) является единая конструкция трубы из композитного материала с жестко связанными металлическими узлами раструба и манжеты, которые установлены в местах, подвергающихся ударной нагрузке при сборке труб в линию [10].

Металлические трубы, используемые в мелиорации, неизбежно подвергаются коррозии. Электрохимическая коррозия обусловлена

Таблица 3. Результаты гидравлического расчета трубопроводов из стали и стеклопластика $\varnothing 100$ мм

Подача, л/с	Потери напора по длине трубопровода, м/км		
	Ду100 (стеклопластик)	Ду100 (сталь)	Соотношение сталь/стеклопластик
5	5,6	9,6	1,9
10	19,2	35,7	2
15	39,5	77,16	2
20	65,8	133,3	2,1
25	97,8	203,6	2,1
30	135,2	287,9	1,7

составом оросительной воды – наличием растворенных солей, кислорода, присутствием микроорганизмов, водорослей и др. Под воздействием этих факторов происходит коррозия внутренней поверхности трубопровода, увеличивается ее шероховатость, начинается процесс обрастания коррозионными отложениями, что приводит к снижению пропускной способности оросительного трубопровода, нарушению работы насосов

и дождевальных машин [11]. Трубы из композитных полимерных материалов лишены этих недостатков, они не подвергаются коррозии и их внутренняя поверхность остается гладкой на протяжении всего срока эксплуатации [12].

В ходе исследования выполнен расчет гидравлических потерь для сборно-разборных трубопроводов из стали и стеклопластика (в расчете учтены только потери напора по длине трубопровода постоянного диаметра, без учета прочих потерь в соединениях, фасонных изделиях и арматуре), результаты расчета представлены в табл. 3.

На рис. 4 представлены гидравлические характеристики трубопроводов из стали и стеклопластика $\varnothing 100$ мм.

Анализ результатов гидравлического расчета (табл. 3) показывает, что применение трубопровода из композитного материала вместо стального с тем же внутренним диаметром позволит сократить потери напора по длине в 1,7-2,1 раза, т.е. обеспечить транспортировку воды тем же оборудованием на большее расстояние.

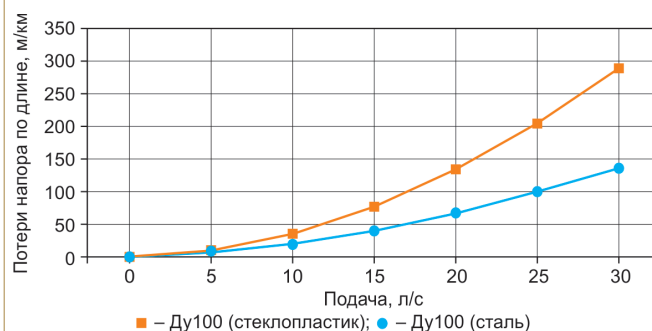


Рис. 4. Гидравлические характеристики трубопроводов из стали и стеклопластика

На практике это даёт возможность сокращения затрат на электроэнергию или дизельное топливо, необходимых для работы насосного оборудования.

Улучшенные гидравлические характеристики композитных труб могут быть использованы также при оптимизации геометрических размеров применяемых труб. Расчетным путем установлено, что гидравлические потери при перекачке воды по стальному трубопроводу Ду 100 аналогичны потерям при перекачке того же объема воды по композитному (стеклопластиковому) трубопроводу Ду89. Результаты расчета представлены в таблице 4.

Таблица 4. Результаты гидравлического расчета трубопроводов из стали $\varnothing$ 100 мм и стеклопластика $\varnothing$ 89 мм

Подача, л/с	Потери напора по длине трубопровода, л/км	
	Ду100 (сталь)	Ду89 (стеклопластик)
5	9,6	9,81
10	35,7	33,57
15	77,16	68,9
20	133,3	114,8
25	203,6	170,6
30	287,9	235,7

Применение композитных (стеклопластиковых) труб $\varnothing$ 89 мм взамен стальной трубы Ду100 позволяет обеспечить сокращение затрат эксплуатирующей организации на приобретение и хранение, а также и трудозатрат на монтаж и демонтаж за счет значительного снижения массы.

Выводы

1. Обосновано применение в сборно-разборных трубопроводах для оросительных систем труб из композитных материалов – стеклопластиков, модуль упругости которых меньше, чем у стальных труб, а срок службы в 4-5 раз больше.

2. Обоснована возможность снижения жесткости линии сборно-разборного трубопровода, прокладываемого на пересеченной местности, не менее чем в 3 раза за счет применения труб из композитных

материалов и соединений с высокой угловой подвижностью труб.

3. Применение разработанного комплекса технических решений позволит обеспечить повышение эффективности сборно-разборных трубопроводов в составе оросительных систем благодаря увеличенному сроку службы композитных труб и повышению надежности работы линии трубопровода за счет высокой угловой подвижности труб в разработанных соединениях.

4. Применение труб из композитных материалов позволяет обеспечить повышение энергоэффективности системы орошения за счет сокращения гидравлических потерь напора воды по длине сборно-разборных трубопроводов до 2 раз.

Список

использованных источников

1. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. М. 2021. 104 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://mpr.meteoinfo.ru/novosti/17863-opublikovan-doklad-ob-osobennostyakh-klimata-v-rossii-v-2020-godu> (дата обращения: 17.01.2022).

2. **Ольгаренко Г.В., Турапин С.С.** Аналитические исследования перспектив развития техники орошения в России: Информационно-аналитическое издание. М: Коломна. : ИП Лавренев А.В., 2020. 128 с.

3. **Щедрин В.Н., Колганов А.В., Васильев С.М., Чураев А.А.** Оросительные системы России: от поколения к поколению: монография / В 2 ч. Ч. 1. Новочеркасск: Геликон, 2013. 283 с.

4. **Улюкина Е.А., Прохоров А.А.** Мобильные оросительные системы с трубопроводами из композитных материалов / Агроинженерия. 2022. Т. 24 № 1. С. 49-54.

5. **Елькин А.В., Середа В.В.** Концептуальные подходы к созданию сборно-разборных трубопроводов нового поколения. Ярославль: Факел, 2017. 624 с.

6. **Елькин А.В., Улюкина Е.А., Прохоров А.А.** Моделирование работы линии сборно-разборного трубопровода при воздействии изгибающих нагрузок // Наука в Центральной России, № 1 (55), 2022. С. 134-144.

7. **Пат. 2234023 С1 Российская Федерация, МПК F16L 27/04.** Подвижное соединение труб: № 2002133981/06 : заявл. 17.12.2002: опубл. 10.08.2004 / Заявители и патентообладатели Елькин А.В., Швецов В.А., Кузьмин В.Г. [и др.].

8. **Пат. 2524784 С1 Российская Федерация, МПК F16L 37/08.** Устройство для де-

монтажа сборно-разборных трубопроводов: № 2013130914/06: заявл. 08.07.2013: опубл. 10.08.2014 / А. В. Елькин, Д. И. Овчинин, В. М. Таран [и др.]; заявитель и патентообладатель Федеральное автономное учреждение «25 Государственный научно-исследовательский институт химмотологии Министерства обороны Российской Федерации».

9. **Пат. 129590 U1 Российская Федерация, МПК F16L 27/04, F16L 37/04.** Быстроразъемное подвижное соединение труб: № 2013102940/06: заявл. 24.01.2013: опубл. 27.06.2013 / А.В. Елькин, А.А. Прохоров, А.П. Романова; заявитель и патентообладатель Федеральное автономное учреждение «25 Государственный научно-исследовательский институт химмотологии Министерства обороны Российской Федерации».

10. **Пат. 143993 U1 Российская Федерация, МПК F16L 9/14.** Линейный элемент сборно-разборного трубопровода: № 2014111569/06: заявл. 27.03.2014: опубл. 10.08.2014 / А.В. Елькин, Д.И. Овчинин, Д.И. Мельников [и др.]; заявитель и патентообладатель Федеральное автономное учреждение «25 Государственный научно-исследовательский институт химмотологии Министерства обороны Российской Федерации».

11. **Есин А.И., Сауткина Т.Н.** Исследование процесса обрастания напорных трубопроводов оросительных систем // Вестник Саратовского ГАУ им. Н.И. Вавилова. 2013. № 1. С. 45-48.

12. **Котов Н.С.** Стеклопластиковые трубы для нефтепромышленности: цели, плюсы и методы производства [Электронный ресурс]. URL: <https://сферанефтегаз.рф/attika-2021-3/> (дата обращения: 03.03.2022).

Efficient Use of Collapsible Irrigation Pipelines

E.A. Ulyukina,

A.A. Prokhorov

(Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

I.G. Golubev

(Rosinformagrotekh)

Summary. The designs of a collapsible pipeline for mobile irrigation systems are considered. The advantages and disadvantages of pipelines made of various materials are analyzed. Several new technical solutions have been proposed - a movable pipe connection, a quick-detachable movable pipe connection, a device for dismantling collapsible pipelines, a linear element of a collapsible pipeline, which make it possible to increase the efficiency of pipelines for irrigation networks.

Keywords: irrigation systems, collapsible pipelines, composite materials.

Реферат

Цель исследований – повышение эффективности сборно-разборных трубопроводов применением труб из композитных материалов с подвижными соединениями. В ходе исследования проведены испытания плоских и кольцевых образцов композитных материалов – стеклопластиковых труб с ангидридным отвердителем в соответствии с утвержденными методиками. По результатам исследований разработан комплекс технических решений (подвижное соединение труб, быстроразъемное подвижное соединение труб, линейный элемент сборно-разборного трубопровода из композитного материала), на которые получены патенты на изобретения и полезные модели. Испытаниями установлено, что физико-механические свойства образцов позволяют использовать композитные материалы для изготовления труб сборно-разборных трубопроводов (модуль упругости $(1,4...3,5) \times 10^4$ МПа, это значительно меньше среднего значения модуля упругости стали – 2×10^5 МПа). Надежность работы сборно-разборного трубопровода из композитного материала при прокладке на участках со сложным рельефом обеспечена возможностью безопасного уменьшения радиуса изгиба собранной линии труб по сравнению со стальным трубопроводом. Расчеты гидравлических потерь для сборно-разборных трубопроводов из стали и стеклопластика показали, что модуль упругости труб из стеклопластика меньше, чем у стальных труб, а срок службы в 4-5 раз больше. Кроме того, снижение жесткости линии сборно-разборных трубопроводов не менее чем в 3 раза за счет применения труб из композитных материалов и соединений с высокой угловой подвижностью труб позволяет прокладывать их на пересеченной местности. Эффективность сборно-разборных трубопроводов в составе оросительных систем повышается за счет увеличения срока службы композитных труб, а также надежности работы линии трубопроводов благодаря высокой угловой подвижности труб. Композитные материалы способствуют повышению энергоэффективности системы орошения за счет сокращения до 2 раз гидравлических потерь напора воды по длине трубопроводов.

Abstract

The purpose of the research is to increase the efficiency of collapsible pipelines using pipes made of composite materials with movable joints. In the course of the study, flat and ring samples of composite materials - fiberglass pipes with an anhydride hardener in accordance with approved methods – were tested. Based on the results of the research, a set of technical solutions was developed (a movable pipe connection, a quick-detachable movable pipe connection, a linear element of a collapsible pipeline made of composite material), for which patents for inventions and utility models were obtained. Tests have established that the physical and mechanical properties of the samples allow the use of composite materials for the manufacture of pipes for collapsible pipelines (modulus of elasticity $(1.4...3.5) \times 10^4$ MPa, which is significantly less than the average value of the modulus of elasticity of steel - 2×10^5 MPa). The reliability of the collapsible pipeline made of composite material when laying in areas with difficult terrain is ensured by the possibility of safely reducing the bending radius of the assembled pipe line, compared to a steel pipeline. Calculations of hydraulic losses for collapsible pipelines made of steel and fiberglass showed that the modulus of elasticity of pipes made of fiberglass is less than that of steel pipes, and the service life is 4-5 times longer. In addition, the reduction in the rigidity of the line of collapsible pipelines by at least 3 times due to the use of pipes made of composite materials and connections with high angular mobility of the pipes allows them to be laid on rough terrain. The efficiency of collapsible pipelines as part of irrigation systems is improved by increasing the service life of composite pipes, as well as the reliability of the pipeline line due to the high angular mobility of the pipes. Composite materials help to increase the energy efficiency of the irrigation system by reducing the hydraulic pressure loss of water along the length of the pipelines by up to 2 times.



Защищенный грунт России

8-10

ИЮНЯ

2022

Москва, ВДНХ,
павильон 57

syngenta



Grodan



RIJK ZWAAN



(495) 651 08 39, (499) 178 01 59, info@rusteplika.ru

УДК 631.354.2

DOI: 10.33267/2072-9642-2022-3-26-29

Анализ качества работы измельчителей-разбрасывателей соломы зерноуборочных комбайнов

В.Л. Астафьев,

д-р техн. наук, директор,
celinnii@mail.ru

(Костанайский филиал
ОО «НПЦ агроинженерии»,
Республика Казахстан);

Т.А. Мурзабеков,

докторант,
murzabekov.t.a@yandex.ru

(Костанайский
региональный университет
им. А. Байтурсынова,
Республика Казахстан)

Аннотация. Представлен анализ конструкций различных технических средств к зерноуборочным комбайнам для измельчения и разбрасывания растительных остатков, выявлены их достоинства и недостатки, установлено соответствие качества выполнения технологического процесса требованиям нормативных документов к процессу мульчирования почвы соломой.

Ключевые слова: солома, мульчирование, измельчитель-разбрасыватель, ширина разброса, неравномерность распределения, энергозатраты процесса.

Постановка проблемы

Применение минимальной и нулевой обработок почвы способствует снижению испарения влаги с ее поверхности за счет уменьшения аэрации пахотного слоя и мульчирующего эффекта из растительных остатков. Благодаря мульче эффективнее используется конденсационная влага. Кроме того, растительная мульча оказывает благоприятное влияние на тепловой режим почвы, снижая ее температуру благодаря увеличению альбедо [1].

Улучшение водного режима путем мульчирования обусловлено не только более интенсивным накоплением почвенной влаги, но и лучшим её сбережением в теплый период



(Бараев А.И., 1976; Massee T., Cary J., 1978; Vule D., 1981; Шикла Н.К., Назаренко Г.В., 1990). Происходит это благодаря снижению температуры верхних слоев почвы – разница температур между стерневым и отвальным фонами достигает порой 6°C (Phillip R., 1980).

Мульчирование изменяет физическое, химическое и биологическое состояние почвы (Конке Г., Бертран А., 1962). Снижаются потери элементов питания растений с поверхностно стекающей водой. В то же время во влажных условиях может наблюдаться увеличение потерь элементов питания растений вследствие усиления просачивания воды.

Установлено что солома, как и другие органические удобрения, содержит минеральные и органические вещества: на 1 т соломы приходится 4-6 кг азота, 1-1,4 кг фосфора, 12-18 кг калия, 2-3 кг кальция и различных микроэлементов [2, 3]. Благоприятное воздействие соломы на пополнение органического вещества почвы

предопределило преобладающий вариант уборки зерновых колосовых культур – с измельчением и разбрасыванием соломы по поверхности поля [4].

Цель исследования – анализ существующих устройств и приспособлений для мульчирования почвы соломой, выявление их достоинств и недостатков, определение энергозатрат на выполнение технологического процесса.

Материалы и методы исследования

В настоящее время для измельчения и разбрасывания соломы применяются различные конструктивно-технологические схемы измельчителей-разбрасывателей [5-14]. Анализ технических средств для измельчения и разбрасывания соломы по поверхности почвы показал, что применение машин, имеющих навесную конструкцию, к зерноуборочной технике является предпочтительным, так как позволяет выполнять опера-

ции обмолота хлебной массы, измельчения и разбрасывания соломы по полю в едином технологическом комплексе, без использования дополнительных энергетических и трудовых ресурсов.

При выполнении технологического процесса измельчения и разбрасывания в производственных условиях наблюдается неравномерное (полосное) распределение соломы на поле. Наличие куч соломы в зонах прохода комбайна приводит к забиванию рабочих органов машины при обработке почвы, снижает эффективность традиционных и альтернативных систем земледелия.

При проведении исследований использовалась информация, полученная путем сбора, анализа и обобщения данных с электронных ресурсов отечественных и зарубежных научных и образовательных организаций, а также из отечественной и зарубежной научно-технической литературы.

Применялись также справочные и нормативно-методические источники информации, отражающие описание технологического процесса и предъявляемые к нему требования.

Результаты исследований и обсуждение

По результатам исследований ученых (В.И. Скорляков, Т.А. Юрина, О.Н. Негреба) качества работы измельчителей-разбрасывателей зерноуборочных комбайнов John Deere S660, Challenger 670, PCM-181 Torum 740, New Holland CSX 7080, John Deere W650 и PCM-142 Acros 530, установлена неравномерность распределения измельченной массы соломы по ширине захвата жатки (табл. 1) [4]. Кроме того, подтверждается повышенное полосное содержание измельченной соломы непосредственно в зоне прохода комбайнов даже в пределах 1 м по ширине,

что является существенным недостатком.

Анализ позволил выявить достоинства и недостатки существующих измельчителей, измельчителей-разбрасывателей и разбрасывателей соломы к зерноуборочным комбайнам (табл. 2).

В связи с потребностью рационализации затрат и наметившимся продвижением в производство элементов точного земледелия появилась необходимость более жесткой регламентации качества измельчения и разбрасывания соломы. Качество выполнения технологических операций по измельчению и распределению солоmistых частиц по поверхности

Таблица 1. Неравномерность распределения измельченной соломы по полю

Наименование комбайна	Ширина захвата жатки, м	Коэффициент вариации, %
PCM-142 Acros 530	6	56,4
John Deere S660	9,15	39,9
John Deere W650	7,6	75,4
PCM-181 Torum 740	7	61,7
Challenger 670	9	62,5
New Holland CSX 7080	7,2	64,3

Таблица 2. Достоинства и недостатки существующих измельчителей, измельчителей-разбрасывателей и разбрасывателей соломы

Конструктивно-технологическая схема	Модель	Достоинства	Недостатки
Навесные измельчители с креплением измельчающих рабочих органов на горизонтальном валу (принцип – измельчить)	ПУН, ИСН, ПКБ, ИРСН	Высокая степень измельчения соломы (ПУН до 5 см; ИСН, ПКБ, ИРСН до 12 см)	- Высокие энергозатраты на измельчение (до 20% мощности двигателя); - снижение производительности комбайна до 20%; - недостаточная ширина разброса (4-6 м); - значительная неравномерность разброса (25-65%)
Навесные измельчители с креплением измельчающих рабочих органов на горизонтальном валу. За ними – разбрасыватель с креплением разбрасывающих рабочих органов на двух вертикальных валах (принцип – измельчить и разбросать)	Измельчитель с системой разбрасывания Advanced PowerCast (John Deere), MaxiSpreader (Massey Fergusson), Opti-Spread (New Holland), Turbo Chop (Lexion)	- Высокая степень измельчения соломы (5-12 см); - большая ширина разброса (до 10-13 м)	- Высокие энергозатраты (до 20% мощности двигателя); - снижение производительности комбайна до 20%; - значительная неравномерность разброса (24-64%)
Навесные разбрасыватели с креплением частично измельчающих и разбрасывающих рабочих органов на двух вертикальных валах (принцип – разбросать)	РС-2М, РПО-1	- Малые энергозатраты на измельчение (до 5% мощности двигателя); - незначительное снижение производительности комбайна	- Недостаточная ширина разброса (4-6 м); - значительная неравномерность разброса (40-67 %); - степень измельчения стеблей около 30-40 см

Таблица 3. Агротехнические требования к равномерности распределения и размерам частиц измельченной соломы

Наименование агротехнологий, агротребований	Неравномерность разбрасывания (не более), %	Размеры измельченных частиц, см / количество, %	Источник информации, год издания
Внесение измельченной соломы	30	5-10 / -	Исходные требования на базовые машинные технологические операции в растениеводстве, 2001
Внесение соломы в качестве удобрения	25	5-10 / -	Прямоточная технология внесения соломы на удобрение, 2002
Уборка озимых зерновых культур с измельчением и разбрасыванием соломы	20	До 12 / 85	Исходные требования на базовые машинные технологические операции в растениеводстве, 2005
Уборка зерновых культур с измельчением и разбрасыванием соломы в Краснодарском крае	25	10 / не менее 70	В.И. Трубилин, Об использовании незерновой части урожая, 1996
Агротребования к внесению измельченной соломы при комбайновой уборке в Дальневосточном регионе России	-	0,5-10 / до 70-80	Исходные требования к Зональной системе технологий и машин для производства продуктов растениеводства в Дальневосточном регионе России, 2007
Агротребования ВНИИПТИМЭСХ на почвообрабатывающий удобрительный посевной агрегат	-	7 / не менее 80	Комплексная оценка почвообрабатывающего удобрительно-посевого комплекса, В.И. Таранин, Н.В. Шевченко, В.О. Горячев, 2008
Технологии сберегающего земледелия	-	5-10 (в среднем, с возможным содержанием частиц 15-25 см)	Научно-практическое руководство по освоению и применению технологий сберегающего земледелия, 2006

поля регламентируется рядом нормативных документов и исследований ученых (табл. 3).

Проведенный анализ позволил установить, что существующие конструкции измельчителей, а также разбрасывателей соломы на комбайнах не приспособлены для работы с жатками шириной захвата 7-12 м. При их работе солома разбрасывается полосой шириной 4-6 м, оставляя оголенные полосы практически на половине поля, что впоследствии приводит к непродуктивным потерям влаги.

Кроме того, применяемые измельчители и измельчители-разбрасыватели очень энергоемки в работе, потребляя на привод до 20% мощности двигателя комбайна.

В засушливых условиях северного региона Казахстана средняя урожайность зерна пшеницы составляет около 12 ц/га с варьированием по южным и северным районам в пределах 7-20 ц/га. В зональных условиях выращиваются низкорослые сорта пшеницы с соотношением массы зерна к

массе соломы 1:1,1. Это значительно меньше стандартного соотношения – 1:1,5. Урожайность соломы в этих условиях составляет 8-22 т/га, высота стеблей пшеницы – 35-50 см. С учетом этого в зональных условиях северного региона Казахстана предпочтительно применение низкоэнергетических разбрасывателей при условии увеличения ширины разброса соломы.

Выводы

1. Анализ качества работы существующих измельчителей-разбрасывателей свидетельствует о том, что для навесных измельчителей характерны значительная неравномерность разбрасывания и высокие энергетические затраты на измельчение, обуславливающие снижение производительности комбайна, и недостаточная ширина разброса. Для навесных измельчителей-разбрасывателей – значительная неравномерность разбрасывания и высокие энергетические затраты на измельчение, обуславливающие сниже-

ние производительности комбайна. Для навесных разбрасывателей – значительная неравномерность и недостаточная ширина разбрасывания.

2. Современные измельчители, измельчители-разбрасыватели и разбрасыватели не обеспечивают выполнение агротехнических требований по качеству мульчирования почвы соломой.

3. Для условий северного региона Казахстана, характеризующихся низким стеблестоем и невысокой урожайностью зерновых культур, необходима разработка низкоэнергетического разбрасывателя соломы к зерноуборочному комбайну с увеличенной шириной разброса соломы.

Список

использованных источников

1. **Ларюшин Н.П.** Технологии и комплексы машин в растениеводстве. Пенза: РИО ПГСХА. 2016. 169 с.

2. **Воропаев С.Н., Попов П.А., Ермохин В.Д., Мальмин Н.Г.** Биологическая система земледелия. М.: Колос. 2009. 192 с.

3. **Двуреченский В.И., Гилевич С.И.** К вопросу обоснования необходимости перехода на новые ресурсо- и влагосберегающие технологии при возделывании зерновых культур // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. 2005. № 10. С. 37-41.

4. **Скорляков В.И., Юрина Т.А., Негреба О.Н.** Показатели качества измельчения и разбрасывания соломы зерноуборочными комбайнами ведущих фирм // Техника и оборудование для села. 2013. № 3. С. 30-33.

5. **Липкович Э. И., Трубилин Е.И., Маслов Г.Г.** Технология уборки зерновых культур с совмещением послеуборочных операций // Тракторы и с.-х. машины. 2010. № 12. С. 48-49.

6. **Ягельский М.Ю., Родимцев С.А.** Тенденции развития и классификация соломоизмельчителей-разбрасывателей современных зерноуборочных комбайнов // Вестник ОрелГАУ. 2016. № 3. С. 73-86.

7. **Астафьев В.Л., Иванченко П.Г., Малыгин С.Л.** Технические средства для измельчения и разбрасывания соломы к зерноуборочным комбайнам // Между-

народная агроинженерия. 2015. № 4. С. 34-39.

8. **Кушнир В.Г., Шило И.Н., Докин А.А.** Обоснование технологической схемы подборщика-измельчителя соломы // 3i: intellect, idea, innovation. 2016. № 2. С. 261-266.

9. Руководство по эксплуатации ИСН-ЗУ / ООО «БАЗИС», Омск. 2008. 18 с.

10. Руководство по эксплуатации ИРСН-1500 / ОАО «Кирово-Чепецкий ремонтно-механический завод». 2009. 21 с.

11. Новые комбайны Massey Ferguson серии «Centora» (Каталог модификаций) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.masseyferguson.co.uk> (дата обращения: 15.01.2021).

12. Опциональный разбрасыватель соломы Opti-Spread [Электронный ресурс]. URL: <https://www.agriculture1.newholland.com> (дата обращения: 15.01.2021).

13. Руководство по настройке и регулировке систем комбайна Lexion [Электронный ресурс]. URL: <https://www.agwest.com> (дата обращения: 15.01.2021).

14. Новые комбайны STS серии 70 «John Deere» (Каталог модификаций)

[Электронный ресурс]. URL: <https://www.JohnDeere.ru> (дата обращения: 15.01.2021).

Analysis of the Quality of Work of Shredders-Spreaders of Straw of Grain Harvesters

V.L. Astafiev,

(Kostanay branch of "SPC Agroengineering", Kazakhstan)

T.A. Murzabekov,

(A. Baitursynov Kostanay Regional University, Kazakhstan)

Summary. An analysis of the designs of various technical means for combine harvesters for chopping and spreading plant residues is presented, their advantages and disadvantages are identified, and the compliance of the quality of the technological process with the requirements of regulatory documents for the process of soil mulching with straw is established.

Keywords: straw, mulching, chopper-spreader, spread width, uneven distribution, process energy consumption.

Информация

Итоги межрегиональной выставки «КАРТОФЕЛЬ – 2022»

С 3 по 4 марта 2022 г. в городе Чебоксары в торгово-выставочном комплексе «Контур» прошла 14-я межрегиональная выставка «Картофель-2022» – единственный в России и один из самых значимых смотров индустрии картофелеводства.

Выставка была организована Министерством сельского хозяйства Чувашской Республики, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля им. А.Г. Лорха» и КУП Чувашской Республики «Агро-Инновации» при поддержке Минсельхоза России и Союза участников рынка картофеля и овощей.

Масштабная экспозиция, высокий организационный уровень проведения смотра, насыщенная деловая программа были высоко оценены в профессиональном сообществе. Выставка дала полное представление об инновационном развитии отрасли картофелеводства России, тенденциях рынка, перспективных направлениях развития селекции и семеноводства картофеля.

В этом году в мероприятиях выставки приняли участие представители 29 регионов России, Республики Беларусь и Казахстан. В своих экспозициях 85 компаний-экспонентов из 23 регионов России представили широкий спектр товаров для растениеводства, семенной картофель, востребованный в отрасли картофелеводства. Также была развернута масштабная экспозиция сельхозтехники и оборудования.

Важным мероприятием в рамках выставки стала научно-практическая конференция «Картофелеводство России: актуальные проблемы и приоритетные направления инновационного развития», на которой обсуждались самые актуальные вопросы развития отрасли картофелеводства. Участники конференции в своих выступлениях представили практические результаты научных разработок в различных направлениях развития отрасли. В выступлениях спикеров также были озвучены приоритетные направления исследований и результаты завершенных научных разработок для использования в практике картофелеводства.

В рамках круглого стола «Фитосанитарное состояние семенного картофеля, проблемы и пути их решения в РФ» обсуждались вопросы, связанные с наиболее опасным болезнями, их диагностикой, подбором подходящих сортов, агротехникой и системой защиты культуры.

Выставка «Картофель» стала площадкой для эффективного диалога сельхозпроизводителей, представителей науки, бизнеса, обмена передовым опытом и повышения профессионального уровня специалистов АПК, переговоров с потенциальными партнерами и презентации новых проектов. XIV Межрегиональную отраслевую выставку «Картофель-2022» посетили более 10 тыс. человек.

КУП Чувашской Республики «Агро-Инновации»

УДК 631.354.3

DOI: 10.33267/2072-9642-2022-3-30-33

Обоснование установленного зазора очесывающей гребенки и интенсивности воздействия на стебель льна-долгунца при очесе на корню

В.Г. Черников,

д-р техн. наук, проф.,
чл.-корр. РАН, гл. науч. сотр.,
v.chernikov@fncl.ru

Р.А. Ростовцев,

д-р техн. наук,
проф. РАН, директор,
r.rostovcev@fncl.ru

С.В. Соловьев,

s.solovyov@fncl.ru
(ФНЦ лубяных культур, г. Тверь);

С.С. Скворцов,

tvgsa.ru
(ФГБОУ «Тверская ГСХА»)

Аннотация. Приведено теоретическое обоснование величины установочного зазора очесывающей гребенки для очеса льна-долгунца на корню и теоретически обоснована интенсивность воздействия рабочего органа на стебли растения.

Ключевые слова: очесывающее устройство, очесывающая гребенка, установочный зазор, уборка льна-долгунца.

Постановка проблемы

Широкие производственные испытания уборки льна-долгунца показали, что технология и средства механизации не всегда соответствуют агротехническим требованиям, являются трудоемкими и энергозатратными.

Очес льна на корню очесывающим устройством барабанного типа осуществляется зубьями съемных гребенок. По своей природе это разделительный процесс с деформацией и частичным разрушением стеблей и семенных коробочек. Характеризуется тем, что стеблевой слой подвергается различным механическим воздействиям рабочего органа, частично или полностью (идеальный случай) разделяется на стебли и семенную часть – льняной ворох. При этом воздействие и видоизменение объекта обработки по возможности должны быть щадящими, чтобы семенные коробочки не разрушались, а стебли льна не повреждались, сохраняя свою целостность и природную прочность.

При исследовании способов отделения семенной части от стеблей – очеса льна – наряду с изучением силовых воздействий и разнообразных деформаций обрабатываемого материала следует рассматривать, прежде всего, общие закономерности рабочего про-

цесса разделения массы льна на стебли и семенные коробочки, т.е. кинематики процесса очеса, так как задача в конечном счете сводится к разделению этой массы на компоненты, а не просто к разрушению связей коробочек со стеблями.

На основании проведенных исследований определено, что технология и средства механизации для уборки льна-долгунца не всегда соответствуют агротехническим требованиям, являются трудоемкими, энергозатратными и требуют большого количества единиц техники и обслуживающего персонала, что, в свою очередь, влияет на себестоимость конечного продукта [1, 2].

Ранее были проведены теоретические исследования по обоснованию параметров и режимов работы гребневого очесывающего аппарата для очеса льна на корню [3]. Предложена модель их определения на основе физико-механических свойств льна и агротехнических требований для его уборки, однако параметры очесывающей гребенки – установочный зазор и интенсивность подачи стеблей льна в зону очеса были исследованы недостаточно.

Цель исследования – теоретическое определение величины установленного зазора очесывающей гребенки и интенсивности воздействия рабочего органа на стебель льна-долгунца.

Материалы и методы исследования

Для достижения поставленной цели в ходе исследования были обоснованы величина установочного зазора очесывающей гребенки и интенсивность воздействия на стебли льна. Работа гребневого очесывающего аппарата основана на отрыве коробочек путем протаскивания стеблей через щели в зубьях гребенок. Поскольку весь процесс отделения семенной части урожая от стеблей осуществляется за одно воздействие, то все показатели качества его работы зависят главным образом от величины установочного очесывающего зазора, линейной плотности подачи, скоростного режима работы аппарата и угла установки очесывающих элементов к теребильному аппарату.

Обоснование установочного зазора и его расчет осуществлялись с использованием методов математического анализа. В качестве исходного материала использовался ворох льна-долгунца трех сортов (Дипломат,

Лидер, Цезарь) урожая 2021 г. Ворох собирался льноуборочным комбайном в фазе желтой спелости. На основе обработки исходного материала льняного вороха были получены результаты, позволившие сформулировать зависимость распределения семенных коробочек от их диаметра.

Результаты исследований и обсуждение

Гребневой очесывающий аппарат может устойчиво работать во всех льносеющих регионах страны независимо от погодных условий. Гребневой и линейный щелевой очесывающие аппараты имеют аналогичный принцип работы [4].

Рабочую поверхность зубьев необходимо рассматривать с точки зрения её взаимодействия со стеблями. Для обеспечения скольжения стеблестоя необходимо, чтобы угол ψ к каждому участку поверхности зуба был меньше или равен углу трения (рис. 1):

$$\psi \leq \varphi. \quad (1)$$

где ψ – угол между касательной к плоскости, проведенной к любой точке поверхности зуба;

φ – коэффициент трения коробочек о материал щели зуба.

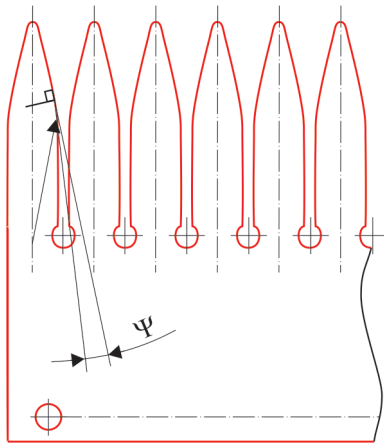


Рис. 1. Форма зуба гребенки

Связь между скоростью очеса и скоростью движения ремней зажимного транспортера выражается уравнением

$$V_0 = V_T \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (2)$$

где V_0 , V_T – соответственно скорость очеса и ремней зажимного транспортера, м/с²;

α – угол наклона очесывающего ручья к зажимному транспортеру или теребильно-зажимному ручью.

Максимальная скорость льноуборочного агрегата, обеспечивающая устойчивость технологического процесса, соответствует условию, когда стебли в теребильно-зажимном ручье располагаются слоем в один стебель [5].

Установочный зазор очесывающей гребенки может быть определен на основе закона распределения диаметров семенных коробочек в стеблестое льна с учетом агротехнических требований по чистоте очеса. Установлено, что статистическое распределение диа-

метров семенных коробочек с вероятностью $P(X^2) = 0,89$ (рис. 2) не противоречит нормальному закону распределения с параметрами $\bar{d}_k \approx 6,43$ мм и $\sigma_k = 0,76$ [6].

Тогда вероятность P попадания случайной величины d_k , подчиненной нормальному закону распределения с параметрами $\bar{d}_k$ и σ_k в заданный интервал, в соответствии с рис. 2 будет равна [7]

$$P(\alpha_k < d_k < \beta_k) = \Phi\left(\frac{\beta_k - \bar{d}_k}{\sigma_k}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha_k - \bar{d}_k}{\sigma_k}\right), \quad (3)$$

где α_k , β_k – координаты проекций установочного очесывающего зазора на кривую плотности вероятности $f(d_k)$;

$\bar{d}_k$ – средний диаметр семенной коробочки.

Вероятность P попадания случайной величины приравняем к численному значению допустимых по агротехническим требованиям потерь семян от недоочеса. Для льноуборочных машин в долях единицы находим, что при $\alpha_k = \bar{d}_k - 3 \cdot \sigma_k$ и $\beta_k = \Delta_0$ выражение (3) примет вид:

$$P = (\bar{d}_k - 3 \cdot \sigma_k < d_k < \Delta_0) = \Phi\left(\frac{\Delta_0 - \bar{d}_k}{\sigma_k}\right) - \Phi\left(\frac{\bar{d}_k - 3 \cdot \sigma_k - \bar{d}_k}{\sigma_k}\right), \quad (4)$$

где $\Phi(X)$ – интегральная функция Лапласа;

Δ_0 – установочный размер очесывающего зазора.

Выполняя принятое условие и преобразуя выражение (4), находим:

$$|H| = \Phi\left(\frac{\Delta_0 - \bar{d}_k}{\sigma_k}\right) - \Phi(-3) = \Phi\left(\frac{\Delta_0 - \bar{d}_k}{\sigma_k}\right) + 3. \quad (5)$$

Решая уравнение (5), получим:

$$\Phi\left(\frac{\Delta_0 - \bar{d}_k}{\sigma_k}\right) = 0,49865 - 0,02 = 0,047865.$$

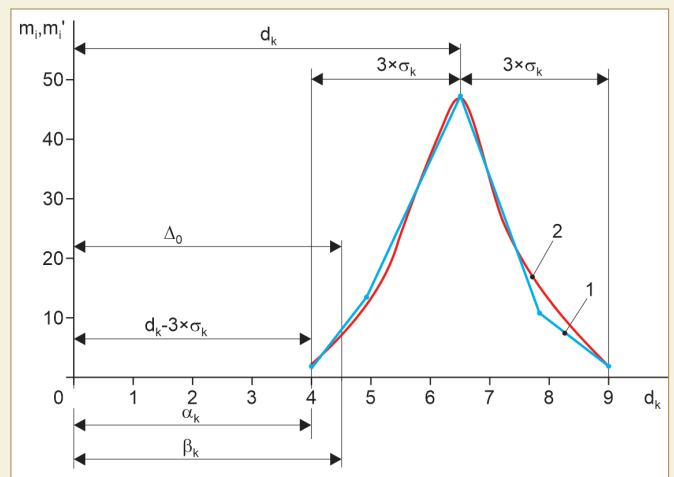


Рис. 2. Статистическое (1) и теоретическое (2) распределение диаметров семенных коробочек

По таблице функции $\Phi(X)$ находим:

$$X = \frac{\bar{d}_k - \Delta_0}{\sigma_k} = 2,02.$$

Следовательно, подставляя X в функцию Лапласа, получим $\Phi(2,02) = 0,47865$. При этом теоретическая величина установочного очёсывающего зазора Δ_0 обеспечивающего допустимые агротребованиями потери семян от недоочеса при квазистатическом отрыве единичных коробочек, будет равна [8]

$$\Delta_0 = d_k - 2,02 \cdot \sigma_k. \quad (6)$$

Прямая подстановка параметров закона распределения дает $\Delta_0 = 4,89$ мм ($\Delta_0 = 0,489$ см).

Поскольку в аппарате весь процесс отделения семенной части урожая от стеблей осуществляется за одно воздействие, то все показатели качества его работы определяются только интенсивностью этого воздействия, зависящей от величины установочного очёсывающего зазора и линейной плотности подачи стеблей льна [9, 10].

При установочном очёсывающем зазоре теоретическое значение интенсивности воздействия рабочего органа на стебли льна в первом приближении равно

$$\delta_{щ} = \frac{1}{\Delta_0^2} = 4,184. \quad (7)$$

При $\Delta_0 = 0,489$ см теоретические значения недоочеса и чистоты очеса будут иметь следующие значения: $H_T = e^{4,18} = 0,0155$ и $\mathcal{E}_T = 0,9845$ (98,45%).

С учетом линейной плотности очёсываемого слоя действительное значение интенсивности воздействия в первом приближении составит

$$\delta_d = \frac{K_V}{\Delta_0^2}, \quad (8)$$

где K_V – коэффициент, в совокупности учитывающий влияние плотности подачи и режима работы аппарата на интенсивность единичного воздействия, $K_V = 1 - 0,89$.

При $C(I) = 0,935$ ($I \leq 0,6$ тыс. шт/м) действительные значения будут следующими: $\delta_d = 3,91$, $H_d = 0,02$, $\mathcal{E}_d = 98\%$.

При очесе реального, непрерывно движущегося, неравномерного по толщине слоя условия отрыва семенных коробочек от стеблей будут существенно отличаться от условий лабораторных испытаний с неподвижными рабочими элементами. При этом возможны случаи протаскивания через рабочий зазор очёсывающего аппарата семенных коробочек, зажатых в слое между стеблями, особенно меньшего диаметра, а также увеличения установочного зазора под действием упругих свойств очёсывающего слоя

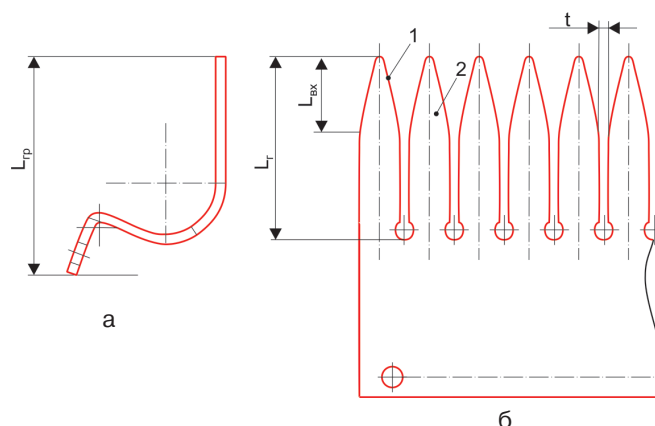


Рис. 3. Геометрические параметры гребенки:
а – вид сбоку; б – развертка

и вибрации рабочих элементов. С учетом этого целесообразно принять $\Delta_0 = 0,42 - 0,46$ см. Тогда при $\delta_d = 4,4$ $H_d = 0,02228$, $\mathcal{E}_d = 98,77\%$.

Таким образом, можно сделать вывод: расстояние между боковыми поверхностями зубьев t можно принять в пределах 4,6-5 мм.

Криволинейная рабочая кромка зуба 2 (рис. 3) имеет переменный радиус и выполнена по гиперболической спирали, благодаря чему стебли льна поступают к боковым поверхностям t зубьев и происходит режим очеса. Для обеспечения перемещения стеблей льна по кромкам зуба необходимо, чтобы угол ψ на каждом участке поверхности зуба был меньше угла трения φ [11, 12].

С целью исключения забивания зубьев гребенок ротора остатками верхушечной части стеблей в конце зуба выполнены расширенные прорезы (в 2 раза больше ее ширины). Максимальный диаметр стеблей. Диаметр коробочек льна варьируется в пределах 4-8 мм. Расстояние между боковыми поверхностями зубьев t принимаем из конструктивных особенностей зуба равным 5 мм.

$$l_r = l_{вх} + l_p, \quad (9)$$

где $l_{вх}$ – рабочая часть входа зуба, $l_{вх} = 40$ мм.

l_p – рабочая часть зуба, $l_p = 70$ мм.

$$l_r = 40 + 70 = 110 \text{ мм.}$$

Выводы

1. В результате выполнения практических опытов по обработке вороха льна-долгунца трех сортов (Дипломат, Лидер, Цезарь) и применения методов математического анализа получены выражения, позволяющие определить оптимальную величину установочного зазора очёсывающей гребенки (0,42-0,46 см) для качественного выполнения процессов очеса.

2. Установлено, что для выполнения агротехнических требований по очесу льна на корню при расчетном установочном зазоре 0,42-0,46 см интенсивность воздействия очёсывающей гребенки на стебли льна составит 4,4 ед., а чистота очеса – 98,77%.

3. В результате исследований получены выражения, позволяющие определить оптимальную длину очесывающей гребенки – 110 мм.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (№ FGSS-2022-0005).

Список использованных источников

1. **Поздняков Б.А.** Актуальные направления совершенствования системы машин для уборки льна-долгунца // Техника и оборудование для села. 2019. № 8. С. 2-6.
2. **Ростовцев Р.А., Черников В.Г.** Приоритетные вопросы механизации современного льноводства // Инновационные разработки производства и переработки лубяных культур: матер. Междунар. науч.-практ. конф. Тверь: Твер. гос. ун-т, 2016. С. 8-11.
3. **Черников В.Г., Ростовцев Р.А., Соловьёв С.В.** Исследование параметров и режимов работы аппарата для очеса льна на корню // С.-х. машины и технологии. 2021. № 2. С. 13-18.
4. **Ковалев М.М.** Анализ динамики гребневых очесывающе-транспортирующих барабанов льноуборочных машин // Механизация и электрификация сел. хоз-ва. 2013. № 4. С. 2-4.
5. **Черников В.Г., Порфирьев С.Г., Ростовцев Р.А.** Очесывающие аппараты льноуборочных машин: моногр. М.: ВИМ, 2004. 240 с.
6. **Черников В.Г., Ростовцев Р.А.** Определение параметра интенсивности отрыва коробочек льна при работе очесывающего устройства // С.-х. машины и технологии. 2017. № 4. С. 20-23.
7. **Черников В.Г., Ростовцев Р.А., Татарниев К.В.** Анализ взаимодействия стеблей льна с лопаткой монощелевого

очесывающего аппарата // Тракторы и с.-х. машины. 2014. № 4. С. 38-40.

8. **Вентцель Е.С.** Теория вероятности. М.: Наука, 1969. 572 с., ил.

9. **Зинцов А.Н.** Научные основы отделения семенной части урожая от стеблей при раздельной уборке льна-долгунца. Караваева: Костромская ГСХА. 2019. 118 с.

10. **Черников В.Г.** Машины для уборки льна: моногр. М.: Инфра – М. 1999. 212 с.

11. **Жалнин Э.В.** Уборка с очесом на корню: за и против // Сел. механизатор. 2013. № 8. С. 10-12.

12. **Алдошин Н.В., Лылин Н.А., Мосяков М.А.** Уборка зерновых культур методом очеса // Дальневосточный аграрный вестник. 2017. № 41. С. 67-74.

Justification of the Adjusted Clearance of the Stripping Comb Deburring Blade and the Intensity of the Impact on the Fiber Flax Stalk During Deburring at the Root

V.G. Chernikov, R.A. Rostovtsev, S.V. Soloviov
(Center for Bast Fiber Crops, Tver)

S.S. Skvortsov

(Tver State Agricultural Academy)

Summary. A theoretical substantiation of the size of the installation clearance of the deburring blade for the tow of fiber flax on the root is given, and the intensity of the effect of the working body on the stems of the plant is theoretically substantiated.

Keywords: deburring tool, deburring blade, installation clearance, fiber flax harvesting.



ФГБНУ «Росинформагротех» – 55 лет!

**В рамках проведения юбилейных мероприятий
с 7 по 9 июня 2022 г. в режиме on-line
состоится XIV Международная научно-практическая Интернет-конференция
«Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК»
(ИнформАгро-2022)**

В РАБОТЕ КОНФЕРЕНЦИИ ПРЕДУСМОТРЕНЫ СЕКЦИИ:

1. Научно-информационное обеспечение создания и внедрения конкурентоспособных технологий по реализации Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2030 годы;
2. Развитие приоритетных подотраслей АПК: опыт и перспективы;
3. Цифровые технологии в сельскохозяйственном производстве, научной, образовательной и управленческой деятельности;
4. Инновационные технологии и технические средства для АПК.

По итогам работы конференции электронный сборник материалов будет включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ),

Заявки на участие в конференции и доклады принимаются до 13 мая.

Более подробная информация представлена на сайте <https://rosinformagrotech.ru>

☎ Тел. (495) 594-99-73

✉ E-mail: inform-iko@mail.ru

УДК 621.362

DOI: 10.33267/2072-9642-2022-3-34-38

Методика оценки энергетической эффективности электротехнических комплексов при разделении воскового сырья

С.Н. Борычев,

д-р техн. наук, проф.,

зав. кафедрой,

89066486088@mail.ru

И.А. Успенский,

д-р техн. наук, проф.,

зав. кафедрой,

ivan.uspensckij@yandex.ru

А.А. Симдянкин,

д-р техн. наук, проф.

seun2006@mail.ru

И.А. Юхин,

д-р техн. наук, доц.,

зав. кафедрой,

ivan.uspensckij@yandex.ru

Д.Е. Каширин,

д-р техн. наук, проф.,

зав. кафедрой,

kadm76@mail.ru

(ФГБОУ ВО «РГТУ им. П.А. Костычева»);

Н.В. Лимаренко,

канд. техн. наук, доц.,

limarenkodstu@yandex.ru

(ФГБОУ ВО «Донской ГТУ»)

Аннотация. Представлена методика оценки энергетической эффективности операционных воздействий при сепарации органических загрязнений воска. Предложены перспективные способы сепарации сред со сложными типами связей. Определены зависимости, характеризующие энергетическую эффективность способов разделения воскового сырья. Получены математические модели в виде квадратичных полиномов, описывающие влияние параметров на энергетические характеристики.

Ключевые слова: энергетическая эффективность, электротехнический комплекс, удельная энергоёмкость, разделение воскового сырья.

Постановка проблемы

Обеспечение продовольственной безопасности страны требует роста производственных мощностей, что делает проблему поиска оптимальных технических решений, обеспечивающих максимальный технологический эффект при минимальных энергетических затратах, акту-

альной. Энергоэффективная механизация пчеловодства является важной составляющей решения поставленной задачи. Разработка методик оценки энергетической эффективности требует рассмотрения технических средств, используемых в сельском хозяйстве, как электротехнических комплексов. Под электротехническим комплексом в данной работе понимается электромеханическая система, состоящая из источника энергии, передаточного звена и рабочего органа [1-5]. Актуальным для науки и техники является разработка технических средств, минимизирующих потери воска, обусловленные наличием в нём большого числа органических загрязнений [6-8]. Операционные воздействия, связанные с сепарацией сложных сред, имеющих физико-химические связи, являются одними из наиболее энергоёмких. Оптимизация их параметров, обеспечивающая минимальные энергетические затраты при соблюдении требований, предъявляемых нормативными документами, – неизбежный этап оценки энергетической эффективности.

Цель исследования – оценка энергетической эффективности способов разделения воскового сырья.

Материалы и методы исследования

Оценка энергетической эффективности способов операционных воздействий и устройств, их реализующих, носит комплексный характер. С одной стороны, она сводится к определению удельных затрат энергии в единицу времени на единицу готовой продукции с учётом качественных ограничений, регламентирующих её свойства, а с другой, – к определению влияния параметров устройства на энергетические характеристики. Методики исследований энергетической эффективности электротехнических комплексов, применяемых в сельском хозяйстве и при обработке воскового сырья, в частности, описаны в работах [9-13].

Номинальные энергетические затраты устройства, реализующего тот или иной тип операции, в общем виде можно оценить следующими составляющими:

$$N_{\text{ном}} = N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_n, \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{т}, \quad (1)$$

где N_1 – удельные затраты ресурсов, необходимые для выполнения операции с требуемым технологическим эффектом, кВт·ч/т;

N_2 – удельные затраты ресурсов, необходимые для привода рабочих органов технологических систем, $\kappaВт\cdotч/м$;

N_3 – удельные затраты ресурсов, необходимые для подачи технологического материала в соответствующее устройство, $\kappaВт\cdotч/м$;

N_n – удельные затраты ресурсов, необходимые для дополнительных технологических операций, $\kappaВт\cdotч/м$.

Рассмотрим элементы каждой из составляющих комплекса энергетической эффективности:

$$N_1 = f \left(\frac{1}{T} \int_0^T p_1 dt, \frac{1}{T} \int_0^T q_1 dt, \sqrt{\left(\frac{1}{T} \int_0^T p_1 dt \right)^2 + \left(\frac{1}{T} \int_0^T q_1 dt \right)^2}, \frac{\frac{1}{T} \int_0^T p_1 dt}{\sqrt{\left(\frac{1}{T} \int_0^T p_1 dt \right)^2 + \left(\frac{1}{T} \int_0^T q_1 dt \right)^2}} \right),$$

$$N_2 = f \left(\frac{1}{T} \int_0^T p_2 dt, \frac{1}{T} \int_0^T q_2 dt, \sqrt{\left(\frac{1}{T} \int_0^T p_2 dt \right)^2 + \left(\frac{1}{T} \int_0^T q_2 dt \right)^2}, \frac{\frac{1}{T} \int_0^T p_2 dt}{\sqrt{\left(\frac{1}{T} \int_0^T p_2 dt \right)^2 + \left(\frac{1}{T} \int_0^T q_2 dt \right)^2}} \right),$$

$$N_3 = f \left(\frac{1}{T} \int_0^T p_3 dt, \frac{1}{T} \int_0^T q_3 dt, \sqrt{\left(\frac{1}{T} \int_0^T p_3 dt \right)^2 + \left(\frac{1}{T} \int_0^T q_3 dt \right)^2}, \frac{\frac{1}{T} \int_0^T p_3 dt}{\sqrt{\left(\frac{1}{T} \int_0^T p_3 dt \right)^2 + \left(\frac{1}{T} \int_0^T q_3 dt \right)^2}} \right),$$

.....

$$N_n = f \left(\frac{1}{T} \int_0^T p_n dt, \frac{1}{T} \int_0^T q_n dt, \sqrt{\left(\frac{1}{T} \int_0^T p_n dt \right)^2 + \left(\frac{1}{T} \int_0^T q_n dt \right)^2}, \frac{\frac{1}{T} \int_0^T p_n dt}{\sqrt{\left(\frac{1}{T} \int_0^T p_n dt \right)^2 + \left(\frac{1}{T} \int_0^T q_n dt \right)^2}} \right),$$

где p_1, p_2, p_3, p_n – мгновенные значения активной мощности, характеризующие преобразование, кВт;

q_1, q_2, q_3, q_n – мгновенные значения реактивной мощности, характеризующие преобразование, кВАр;

T – период колебаний электрического тока, с.

Зная мгновенные значения активной и реактивной составляющих мощностей энергозатрат каждой категории, определим их амплитудные и действующие значения, после чего найдем полную мощность и коэффициент энергетической эффективности. Действующие значения полной мощности:

$$\sum_k S = \sqrt{\sum_k P_k^2 + \sum_k Q_k^2}, \text{ кВА}, \quad (3)$$

где P – действующее значение активной мощности в энергетической цепи, кВт;

Q – действующее значение реактивной мощности в энергетической цепи, кВАр;

k – число энергетических категорий каждого типа.

Рассмотрим процесс перехода к действующим значениям от мгновенных на примере активной мощности. Имея некоторый массив мгновенных значений силы тока I и напряжения U , определим время их периода и амплитудные значения I_m, U_m , после чего, используя соотношение

$X = \frac{X_m}{\sqrt{2}}$, при условии синусоидальной природы сигнала в энергетическом контуре и промышленной циклической частоты колебаний тока в нём, осуществим переход к действующим значениям мощностей.

Зная действующие значения активной, реактивной и полной составляющих мощностей, определим коэффициент энергетической эффективности $\cos \varphi$:

$$\cos \varphi = \frac{\sum_k P_k^2}{\sqrt{\sum_k P_k^2 + \sum_k Q_k^2}}. \quad (4)$$

Как показали результаты исследований [6, 8], наиболее перспективными способами разделения воскового сырья являются последовательное измельчение с фракционной сепарацией загрязнений от технологического материала в воде в процессе длительного перемешивания и вибрационные воздействия на загрязненный пчелиный воск сот, помещённый в воду.

Суть первого способа заключается в последовательном выполнении двух операционных воздействий: измельчения и фракционного разделения, соответственно, удельная энергоёмкость будет состоять из двух составляющих:

$$N_{ном1} = N_{изм.} + N_{сеп.}, \kappaВт\cdotч/м, \quad (5)$$

где $N_{изм.}$ – мощность на измельчение, кВт·ч/т;

$N_{сеп.}$ – мощность на сепарацию, кВт·ч/т;

$N_{изм.}$ и $N_{сеп.} = f(P, Q, S, \varphi, Y)$;

P – действующее значение активной мощности операционного воздействия, кВт;

Q – действующее значение реактивной мощности операционного воздействия, кВАр;

S – действующее значение полной мощности операционного воздействия, кВА;

φ – угол сдвига фаз между U и I , град.;

Y – параметр, характеризующий влияние технологических факторов на энергетические характеристики.

Суть второго способа заключается в реализации вибрационного операционного воздействия, позволяющего получить как измельчающий, так и сепарирующий эффекты в зависимости от параметров колебательной системы:

$$N_{ном2} = N_{вибр.}, \kappaВт\cdotч/м, \quad (6)$$

где $N_{вибр.} = f(P, Q, S, \varphi, Y)$.

На основании результатов исследований [6, 8, 11, 13] установлено, что наиболее существенными факторами, оказывающими влияние на энергетическую эффективность, в первом способе являются масса навески m и концентрация воскосырья v_c , во втором способе – амплитуда A и частота циклических колебаний ν . Параметрами, описывающими энергетические характеристики, были приняты активная и реактивная мощность операционных воздействий. Соответственно, для определения уровня и характера влияния выбранных фак-

торов на описанные ранее параметры были проведены экспериментальные исследования согласно методикам, приведенным в работах [6, 8].

При определении энергетических характеристик в качестве привода при испытании обоих способов использовали маломощный асинхронный электродвигатель типа АИР71В4 номинальной мощностью $P_{ном} = 0,75$ кВт и номинальной частотой вращения магнитного потока в статоре без учёта скольжения $n = 1350$ мин⁻¹.

Результаты исследований и обсуждение

После обработки результатов экспериментальных исследований были получены математические модели в виде линейных полиномов, описывающие влияние параметров на активную мощность операционных воздействий и энергетическую эффективность способов в целом.

Влияние активной мощности на полную мощность при измельчении воскосырья первым способом можно описать следующим полиномом:

$$P_{изм} = 0,75S - 0,0024. \quad (7)$$

Влияние производительности измельчителя воскосырья на полную мощность при первом способе:

$$E_{изм} = 0,0171S + 1,1925. \quad (8)$$

Влияние активной мощности на полную мощность при сепарации воскосырья первым способом:

$$P_{cen1} = 0,7502S - 0,0099. \quad (9)$$

Влияние процента сорности сепаратора воскосырья на полную мощность при реализации первого способа:

$$T_{v1} = -2,9057S + 91,4973. \quad (10)$$

Влияние активной мощности на полную мощность при сепарации воскосырья вторым способом:

$$P_{cen2} = 0,7503S - 0,0076. \quad (11)$$

Влияние частоты колебаний на полную мощность при сепарации воскосырья вторым способом:

$$P_{cen2} = 0,674S + 41,0747. \quad (12)$$

На рис. 1-3 представлены графические интерпретации полиномов (7-12).

Статистические характеристики полученных полиномов представлены в таблице. Рассчитанные средние значения коэффициента мощности рассматриваемых способов позволили визуализировать их сравнение (рис. 4).

Анализ результатов сравнения энергетической эффективности рассматриваемых способов, представленный на рис. 4, позволил сделать вывод, что они находятся на одном уровне, а предпочтительность использования первого или второго способа определяется направлением дальнейшего использования воскосырья и предъявляе-

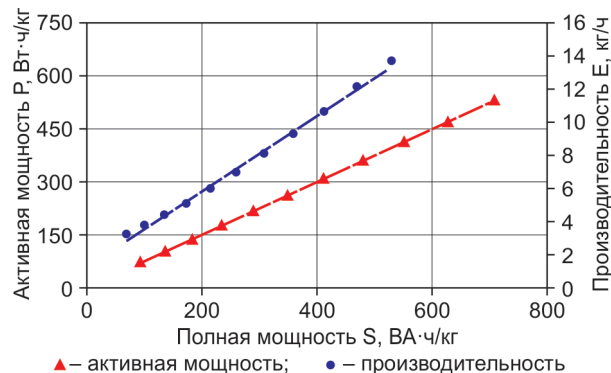


Рис. 1. Зависимость активной мощности и производительности измельчителя от полной мощности при реализации первого способа

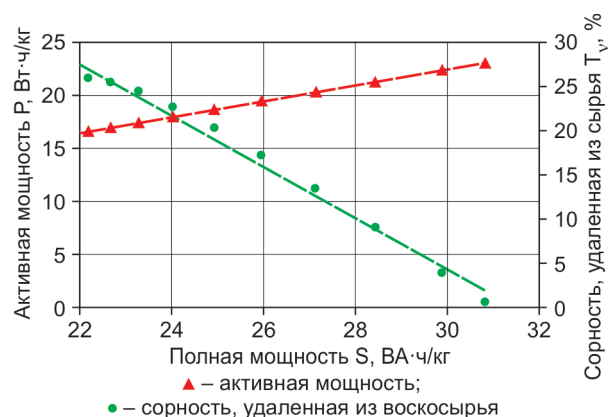


Рис. 2. Зависимость активной мощности и процента сорности, удаленной из воскового сырья, от полной мощности сепаратора при реализации первого способа

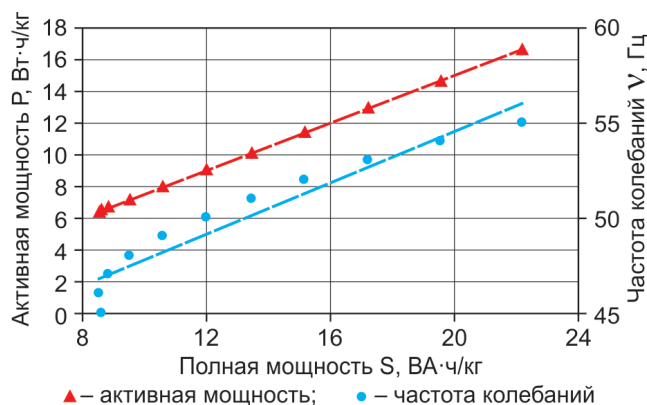


Рис. 3. Зависимость активной мощности и частоты колебаний от полной мощности при реализации второго способа

мыми к нему качественными характеристиками. Значение коэффициента мощности ($\approx 0,75$) свидетельствует об энергетическом потенциале рассматриваемых систем, достигнуть который можно путём совершенствования технологического процесса.

**Статистические характеристики полученных регрессионных зависимостей
($F_{табл}=4,84$ при $\alpha=0,05$)**

Наименование параметра	Коэффициент регрессии $y = ax + b$		Средне квадратическое отклонение		Коэффициенты вариации		Коэффициент корреляции r_{xy}	Расчётное значение критерия Фишера $F_{расч}$	Средняя ошибка отклонения A , %
	b	a	σ_x	σ_y	V_x	V_y			
Влияние активной мощности на полную мощность (способ 1)	-0,0024	0,75	194,76	146,07	0,5273	0,5273	1,0000	$1,5 \cdot 10^{11}$	≈ 0
Влияние производительности измельчителя воскосырья на полную мощность (способ 1)	1,1925	0,0171	194,76	3,35	0,5273	0,4448	0,9977	1974,49	3
Влияние активной мощности на полную мощность при сепарации воскосырья (способ 1)	-0,0099	0,7502	2,99	2,24	0,1169	0,1170	1,0000	$3,3 \cdot 10^6$	0,02
Влияние процента сорности сепаратора воскосырья на полную мощность (способ 1)	91,4973	-2,9057	2,99	8,76	0,1169	0,5083	-0,9916	529,58	6,57
Влияние активной мощности на полную мощность при сепарации воскосырья (способ 2)	-0,0076	0,7503	4,51	3,39	0,3408	0,3410	1,0000	$1,8 \cdot 10^7$	0,02
Влияние частоты колебаний на полную мощность при сепарации воскосырья (способ 2)	41,0747	0,674	4,51	3,16	0,3408	0,0632	0,9618	111,1	1,73



Рис. 4. Оценка энергетической эффективности способов

Выводы

На основании проведённого экспериментального исследования и полученных результатов можно сделать следующие выводы.

1. Наиболее полно оценить энергетическую эффективность способов разделения воскового сырья можно, используя комплекс параметров в виде активной, реактивной, полной составляющих мощности и коэффициента мощности.

2. Математические модели в виде линейных полиномов (7-12) характеризуют влияние параметров на энергетические показатели.

3. Доказано влияние параметров устройства и технологических факторов, подвергаемых воздействию материалов в виде воскового сырья на величины активной, реактивной, полной мощности и их коэффициентов.

4. Установлено, что наиболее рациональным мероприятием повышения энергетических характеристик устройств разделения воскового сырья является оптимизация их параметров.

5. Направлением дальнейших исследований является определение влияния других факторов устройств разделения воскового сырья на их энергетические характеристики.

Список использованных источников

1. **Лачуга Ю.Ф.** Развитие интенсивных машинных технологий, роботизированной техники, эффективного энергообеспечения и цифровых систем в агропромышленном комплексе / Ю.Ф. Лачуга, А.Ю. Измайлов, Я.П. Лобачевский, Ю.Х. Шогенов // Техника и оборудование для села. 2019. № 6 (264). С. 2-9.
2. **Годжаев З.А.** Перспективы применения автоматизированных и роботизированных электроприводов на мобильных энергосредствах и рабочих органах сельхозмашин // З.А. Годжаев, А.Ю. Измайлов, Ю.Ф. Лачуга, Ю.Х. Шогенов // Известия МГТУ МАМИ. 2018. № 2 (36). С. 41-47.
3. **Лачуга Ю.Ф.** Электрификация сельскохозяйственных мобильных энергосредств на основе тягово-энергетической концепции развития техники / Ю.Ф. Лачуга, Д.С. Стребков, З.А. Годжаев, И.Я. Редько // Вестник Российского университета дружбы народов: инженерные исследования. 2020. № 4. С. 260-270.
4. **Стребков Д.С.** Показатели потребления топливно-энергетических ресурсов в сельском хозяйстве и энергоемкости сельхозпроизводства, их прогноз на период до 2030 года / Д.С. Стребков, Д.А. Тихомиров, А.В. Тихомиров // Вестник ВНИИМЖ. 2018. № 4 (32). С. 4-12.

5. **Лимаренко Н.В.** Исследование влияния параметров рабочих тел индуктора на коэффициент мощности / И.А. Успенский, И.А. Юхин, Г.А. Борисов, Н.В. Лимаренко // Известия нижевожского агроуниверситетского комплекса. 2019. № 3 (55). С. 360-369. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-45.

6. **Шемякин А.В.** Исследование производительности процесса вибрационной очистки пчелиных сотов / А.В. Шемякин, С.Н. Борычев, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов, А.С. Кузнецов // Вестник КрасГАУ. 2021. № 9 (174). С. 192-199.

7. **Оськин С.В.** Установка для сушки пчелиной перги / С.В. Оськин, С.Н. Харченко, Д.С. Цокур, Д.М. Таранов // Сельский механизатор. 2021. № 6. С. 20-21.

8. **Ivanov Y.A.** Methodology for assessing the energy efficiency of separating methods for wax raw materials / Y.A. Ivanov, S.N. Borychev, D.N. Byshov, D.E. Kashirin, I.A. Uspenskiy, I.A. Yukhin, O.V. Filyushin, M.N. Chatkin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. «International Conference on Engineering Studies and Cooperation in Global Agricultural Production» 2021. С. 012070. DOI: 10.1088/1755-1315/659/1/012070.

9. **Limarenko N.V.** The study of the electromagnetic activator energy efficiency in the preparation of liquid organic waste for disposal / N.V. Limarenko, E.V. Krasnova, L.A. Pudean // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2021. № 659 (012109). DOI: 10.1088/1755-1315/659/1/012109.

10. **Бышов Н.В.** Расчёт и моделирование параметров индуктора электрического аппарата с несогласованной подвижной частью / Н.В. Бышов, И.А. Успенский, И.А. Юхин, Н.В. Лимаренко // Известия нижевожского агроуниверситетского комплекса. 2020. № 4 (60). С. 350-369. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-34.

11. **Стребков Д.С.** Развитие систем энергообеспечения, энергоресурсосбережения и возобновляемой энергетики в агропромышленном комплексе / Д.С. Стребков, Ю.Х. Шогенов // Техника и оборудование для села. 2017. № 8. С. 10-13.

12. **Мишуров Н.П.** Методологические основы энергетической оценки производства молока // Техника и оборудование для села. 2017. № 5. С. 16-19.

13. **Стребков Д.С.** Повышение энергоэффективности использования и экономия топливно-энергетических ресурсов в животноводстве / Д.С. Стребков, А.В. Тихомиров // Вестник ВНИИМЖ. 2017. № 2 (26). С. 56-64.

Methodology for Assessing the Energy Efficiency of Electrotechnical Complexes in the Separation of Wax Raw Materials

S.N. Borychev, I.A. Uspenskiy,

A.A. Simdyankin, I.A. Yukhin, D.E. Kashirin

(Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev)

N.V. Limarenko

(Don State Technical University)

Summary. A technique for assessing the energy efficiency of operational impacts in the separation of organic wax contaminants is presented. Promising methods for separating media with complex types of bonds are proposed. Dependences characterizing the energy efficiency of methods for the separation of wax raw materials are determined. Mathematical models in the form of quadratic polynomials are obtained, which describe the influence of design parameters on energy characteristics.

Keywords: energy efficiency, electrotechnical complex, specific energy intensity, separation of wax raw materials.

Информация



Российские птицеводческие предприятия в течение двух лет будут обеспечены племенной продукцией отечественного кросса «Смена 9»

Об этом заявила генеральный директор Российского птицеводческого союза Галина Бобылева на выставке «Мясная промышленность. Куриный Король. Индустрия холода для АПК/MAP Russia & VIV 2022».

«Мы в течение двух лет полностью можем заместить обеспечение племенной продукцией. Нужны деньги для разведения птицы, и не будет никаких проблем», – отметила Галина Бобылева.

Сейчас на отечественный кросс приходится около 5-7% в секторе российского птицеводства. При этом по производственным показателям российский кросс не уступает зарубежным аналогам и даже опережает их – убеждены эксперты.

По словам Галины Бобылевой отечественный кросс будут выращивать на птицефабриках, деятельность которых ранее была приостановлена. Такие про-

изводства реконструируют и запускают снова. В частности, на птицефабрике в Нижнем Новгороде уже начали выращивание первой группы отечественного кросса. Сейчас готовят еще одну площадку для разведения бройлеров.

«Пока идет выращивание собственной племенной птицы, поставки племенного материала из-за рубежа продолжатся, – добавила глава союза, – Стоит отметить, что ни один из поставщиков племенной продукции не отказывается от поставок сегодня. В яичном производстве вопрос обеспечения племенной продукцией вообще по большому счету не стоит. Проблем в отрасли птицеводства не будет ни по мясу, ни по яйцу».

Новый кросс демонстрирует прекрасные продуктивные характеристики: количество снесенных яиц на начальную курицу-несушку составляет 177 шт.,

живая масса бройлеров на 42 день – 2749 г, что значительно больше по сравнению с предыдущим кроссом «Смена 8».

Эксперты отмечают, что в целом птица стала крупнее, увеличены не только грудные мышцы бройлера, но и ножные.

Существенной особенностью кросса является его адаптивность к российским условиям и устойчивость к различным стрессам. Высокий генетический потенциал и преимущества данного кросса дают основание к широкому использованию его на птицеводческих предприятиях в различных регионах России. По ключевым показателям он превышает зарубежные аналоги. В частности, по сравнению с иностранным кроссом «Росс 308» живая масса цыплят-бройлеров в возрасте 35 дней выше на 4,7%, среднесуточный прирост – на 2,1%, сохранность – на 2,2%, индекс продуктивности – на 6,8%. При этом цена отечественного кросса еще до изменения курса валют была в 1,5-2 раза ниже зарубежных кур, потому что не привязана к курсу иностранных валют.

<https://fntp-mcx.ru/event-2022-03-18-smena-9.html>

ПРИГЛАШАЕМ ПРИНЯТЬ УЧАСТИЕ

XXVII МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ
ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ВЫСТАВКА

МВС: ЗЕРНО-КОМБИКОРМА-ВЕТЕРИНАРИЯ - 2022



22-24 ИЮНЯ

МОСКВА, ВДНХ, ПАВИЛЬОНЫ № 55, 57



СПЕЦИАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА:



INTERNATIONAL FEED INDUSTRY
FEDERATION
МЕЖДУНАРОДНАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
КОРМОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ



ЕВРОПЕЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ КОМБИКОРМОВ



АССОЦИАЦИЯ
«РОСРЫБХОЗ»



МИНСЕЛЬХОЗ РОССИИ



РОССИЙСКИЙ
ЗЕРНОВОЙ СОЮЗ



НАЦИОНАЛЬНАЯ
ВЕТЕРИНАРНАЯ
АССОЦИАЦИЯ



СОЮЗ
КОМБИКОРМЩИКОВ



СОЮЗРОССАХАР



АССОЦИАЦИЯ
«ВЕТБИОПРОМ»



АССОЦИАЦИЯ ПТИЦЕВОДОВ
СТРАН ЕВРАЗИЙСКОГО
ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА



СОЮЗ ПРЕДПРИЯТИЙ
ЗООБИЗНЕСА



ВСЕМИРНАЯ НАУЧНАЯ
АССОЦИАЦИЯ
ПО ПТИЦЕВОДСТВУ



АССОЦИАЦИЯ
«ВЕТБЕЗОПАСНОСТЬ»



НАЦИОНАЛЬНЫЙ СОЮЗ
СВИНОВОДОВ



РОСПТИЦЕСОЮЗ



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПАРТНЕР
МОСКОВСКАЯ ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ПАЛАТА

ОРГАНИЗАТОР ВЫСТАВКИ
ЦЕНТР МАРКЕТИНГА «ЭКСПОХЛЕБ»



ТЕЛ.: (495) 755-50-35, 755-50-38
E-MAIL: INFO@EXPOKHLEB.COM
WWW.MVC-EXPOHLEB.RU



УДК 621.354:621.355

DOI: 10.33267/2072-9642-2022-3-40-44

Особенности и применение электроприводного инструмента с аккумуляторным питанием

Л.П. Шичков,

д-р техн. наук, проф.,
shichkov@yandex.ru

В.Б. Людин,

д-р техн. наук, проф.,
ludin-nine@yandex.ru

О.П. Мохова,

канд. техн. наук, доц.,
orzhova@yandex.ru
(ФГБУ ВО РГАЗУ)

Аннотация. Приведен обзор электроприводного ручного инструмента с аккумуляторным питанием и дан анализ его использования. Показана необходимость классификации такого электроинструмента по различным показателям с целью унификации используемой комплектации и повышения надёжности его работы в условиях сельского хозяйства.

Ключевые слова: ручной электроинструмент, аккумуляторная батарея (АКБ), химический источник тока (ХИТ), электромеханический преобразователь энергии, зарядное устройство.

Постановка проблемы

Ручной электроинструмент с электромеханическим преобразователем энергии и встроенным аккумуляторным питанием нашёл широчайшее применение при выполнении различных операций благодаря удобству использования. Для такого инструмента не требуются внешний источник электроснабжения и кабель электропитания, так как имеется встроенный низковольтный источник питания, что повышает электробезопасность выполняемых работ. Вместе с тем номенклатура, состав и характеристики выпускаемого электроприводного инструмента с встроенным накопителем электроэнергии весьма разнообразны, обусловлены особенностями его массового применения и не учитывают специфику отдельных производств, в том числе агропромышленного комплекса.

Наибольшее распространение в различных процессах получил аккумуляторный электроинструмент с электромеханическим преобразователем вращательного движения [1-7], в качестве которого используют электродвигатели или электромагнитные системы. Преобразователь электрического тока обеспечивает преобразование постоянного напряжения аккумуляторного накопителя энергии в необходимый вид электрической энергии. Также он может обеспечивать регулирование параметров этой энергии для изменения воздействия электромеханического преобразова-

теля на рабочий орган. Так как мощность, а соответственно, и масса электродвигателя при той же мощности пропорциональны частоте вращения вала электродвигателя, то для понижения высокой частоты вращения вала электродвигателя и повышения выходного вращающего момента на приводе рабочего органа используют пристраиваемый редуктор [1-3, 7].

Накопителем (аккумулятором) электрической энергии, как правило, является съёмный перезаряжаемый химический источник тока (ХИТ) постоянного напряжения, который периодически заряжается от прилагаемого зарядного устройства. Для ручного электроинструмента с автономным источником электропитания характерно легкозаменяемое исполнение аккумуляторного накопителя энергии. Такое решение позволяет в ряде случаев использовать два одинаковых аккумуляторных накопителя энергии и одно внешнее зарядное устройство, повышая готовность электроинструмента к работе, удобство и продолжительность его непрерывного использования.

Цели исследования – анализ исполнения ручного электроприводного инструмента с аккумуляторным питанием, его классификация, состав и назначение основных устройств, а также выбор необходимого инструмента с учётом условий эксплуатации в сельском хозяйстве.

Материалы и методы исследования

При проведении исследования использовались справочные данные на электроприводной инструмент с аккумуляторным электропитанием из литературных источников и с соответствующих официальных сайтов. На основании обобщённой схемы функциональной структуры электроприводного инструмента с аккумуляторным питанием был проведён анализ его составных устройств. В зависимости от их надёжности и интенсивности использования электроинструмента предложена его классификация по назначению. Проведён сравнительный анализ различных типов аккумуляторных батарей (АКБ), используемых в составе электроприводного инструмента, и даны рекомендации по их выбору и применению в условиях сельского хозяйства. Обоснование выбора класса и состава электроприводного инструмента по степени надёжности с учётом условий эксплуатации проведено с использованием аналитических зависимостей и метода приведенных затрат.

Результаты исследования и обсуждение

Надёжность и стоимость электромеханического электроинструмента с аккумуляторным накопителем электроэнергии

зависят от конкретного выполнения его основных узлов, а также условий эксплуатации. С повышением надёжности комплектующих узлов, как правило, возрастает стоимость электроинструмента и несколько снижаются требования к его эксплуатации. Очевидно, что для определённых назначенных условий эксплуатации существуют конкретные параметры его исполнения [1-3]. При этом требования к эксплуатации электроинструмента для разных производств могут быть как повышенными, так и пониженными. Соответственно, один и тот же электроинструмент должен быть как минимум трёх классов по назначению и заложенной конструктивной надёжности:

- инструмент общего назначения (ИОН);
- инструмент профессионального назначения (ИПН);
- инструмент специального назначения (ИСН).

Наибольшую заложенную конструктивную надёжность, а соответственно, и стоимость имеет электроинструмент классов ИПН и ИСН.

Обобщённая схема функциональной структуры электроприводного инструмента представлена на рис. 1. В общем виде электроинструмент состоит из съёмного заменяемого аккумуляторного накопителя энергии (аккумулятор) 1, преобразователя электрической энергии (коммутатор) 2, электромеханического преобразователя энергии (электродвигатель) 3, редуктора 4, исполнительного органа 5 и несущего корпуса 6. В качестве электромеханического преобразователя энергии используют электродвигатели или электромагнитные системы постоянного либо переменного тока. Преобразователь электрического тока в виде коммутатора или полупроводникового преобразователя обеспечивает преобразование постоянного напряжения аккумулятора в необходимый вид электрической энергии для электромеханического преобразователя (электродвигателя).

Внешним ручным воздействием $F_1(t)$ обеспечивается необходимое регулирование направления и частоты вращения электродвигателя. Так как мощность, а соответственно, и масса электродвигателя при той же мощности пропорциональны частоте вращения вала электродвигателя, то для понижения высокой частоты вращения вала электродвигателя и повышения выходного вращающего момента на приводе рабочего органа используют редуктор с возможностью ручного изменения $F_2(t)$ его передаточного отношения.

В качестве накопителя энергии в электроинструменте используются аккумуляторные батареи (АКБ) никель-кадмиевого (NiCd), никель-металлогидридного (NiMH), литий-ионного (Lilon) или литий-полимерного (LiPol) типов [4-6, 12, 13], основные характеристики которых приведены в табл. 1.

От типа АКБ, используемой в электроинструменте, во многом зависят технологические возможности и особенности эксплуатации инструмента, а также его ценовая категория. Из анализа данных табл. 1 следует, что наибольшей удельной энергоёмкостью обладают АКБ литиевого типа. У них отмечается наилучшее отношение хранимой энергии к массе батареи. Однако большинство литиевых АКБ обеспечивают существенно меньшие пиковые токи по сравнению с АКБ других типов, что снижает максимальную мощность, развиваемую электродвигателем инструмента при кратковре-

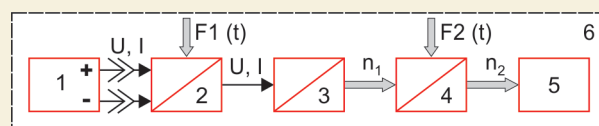


Рис. 1. Схема функциональной структуры электроприводного инструмента с аккумуляторным накопителем электроэнергии:

$F_1(t)$ и $F_2(t)$ – внешние (ручные) управляющие воздействия;
 U, I – потоки электрической энергии;
 n_1 и n_2 – потоки механической энергии

Таблица 1. Основные характеристики аккумуляторных батарей для ручного электроинструмента

Тип АКБ	NiCD	NiMH	Lilon	LiPol
Напряжение на элемент, В:				
номинальное	1,2		3,6	
заряд/разряд	1,4/1		3,7/2,5	
Удельная энергоёмкость, (Вт·ч)/кг	40-60	30-80	100-250	130-200
Число циклов заряд-разряд	1500-2000	500-1000	350-1200	500-1000
Саморазряд за месяц, %	10	30	8-15	5
Рабочие температуры, °C	От -40 до +60	От -20 до +60		От 0 до +60
Минимальное время заряда, ч	1,5	2-4		2-4
Оптимальный ток ¹ , А	$1 \cdot Q_n$	$0,5 \cdot Q_n$	$1 \cdot Q_n$	
Пиковый ток ¹ , А	$20 \cdot Q_n$	$5 \cdot Q_n$	$i_2 \cdot Q_n$	
Эффект памяти	Присутствует		Отсутствует	
Устойчивость к перезаряду	Средняя	Низкая	Сверхнизкая	
Ценовая категория	Средняя		Повышенная	
Удельная стоимость хранения энергии ² , долл. США / Вт·ч	2,3-5,2	2,7-4,3	1-2,5	1,6-2,8
Коэффициент соотношения энергоёмкость – масса – цена (среднее значение) ² , (Вт·ч)/(кг долл. США)	0,27-0,69 (0,43)	0,28-0,52 (0,37)	0,49-3 (1,72)	0,45-2,1 (1,1)

¹ Q_n – номинальная ёмкость АКБ, А · ч.

² Сводка выполнена на основании данных, опубликованных на сайтах [1-6, 12-13].

менных перегрузках. Кроме того, литиевые батареи быстро выходят из строя при нахождении в состоянии глубокого разряда, а при перезаряде склонны к самовоспламенению. Эти особенности приводят к необходимости использования в литиевых АКБ специального электронного устройства защиты – системы управления режимом АКБ (Battery Monitoring System – BMS), что повышает их ценовую категорию.

Оптимальное соотношение «цена – энергоёмкость – масса» способствует широкому использованию литиевых АКБ в электроинструментах всех классов. Вместе с тем исполнение таких батарей может существенно отличаться для разных классов электроинструмента. Например, в электроинструменте класса ИОН применяются АКБ, выполненные на недорогих ХИТ с относительно малым количеством

циклов заряд-разряд (350-600) и низким пиковым током $((1-2) \cdot Q_H)$. Их BMS не обеспечивает индикацию текущего состояния батареи, что не позволяет прогнозировать продолжительность использования АКБ электроинструмента до очередного заряда, которая зависит не только от значения ёмкости аккумулятора, но и от КПД преобразования энергии и интенсивности использования электроинструмента.

Энергоемкость литиевых АКБ катастрофически падает при отрицательных температурах окружающей среды, что имеет значение при проведении строительных и ремонтных работ в сельском хозяйстве. В этом случае в ИПН и ИСН классах электроинструмента используют АКБ типа NiCD (предпочтительно) или NiMH. При эксплуатации NiCD или NiMH типов АКБ необходимо учитывать наличие эффекта «памяти заряда», т.е. при разряде отдается только энергия, накопленная в последнем заряде. Поэтому заряжать эти батареи следует только после полного разряда, иначе снизиться фактическая энергоемкость. Это вносит неудобства в эксплуатацию электроинструмента, особенно при групповом и сменном его использовании.

Для долговременного и надежного функционирования АКБ необходимо её периодически заряжать в режиме, определяемом типом, напряжением и емкостью. Зарядка АКБ электроинструмента осуществляется от специальных зарядных устройств, обычно входящих в комплект поставки. Параметры и режим заряда в этих устройствах индивидуально рассчитаны для применяемой в данном электроинструменте батареи. Использование зарядного устройства для АКБ неподдерживаемых типов может привести к её выходу из строя и значительному ущербу, составляющему до 40% общей стоимости электроинструмента [1-6]. Зарядные устройства могут быть как встроенными в электроинструмент, так и внешними для него. Встроенное зарядное устройство обычно обслуживает только одну установленную в электроинструмент АКБ, тогда как внешнее устройство обеспечивает заряд нескольких взаимозаменяемых однотипных АКБ, что повышает продолжительность выполняемых электроинструментом работ. Поэтому для классов ИПН и ИСН электроинструмента целесообразно применять внешние зарядные устройства, а для класса ИОН – как встроенных, так и внешних зарядных устройств.

Продолжительность процесса заряда АКБ зависит от её способности накапливать заряд (см. табл. 1), режима заряда и мощности зарядного устройства. Для более быстрого заряда АКБ необходимо увеличивать зарядный ток, что приводит к необходимости увеличения мощности зарядного устройства и, как правило, повышению его ценовой категории. Обычно в классах ИПН и ИСН электроинструмента автоматизированные зарядные устройства обеспечивают наименьшую (ускоренную) продолжительность зарядки при обеспечении нормативного срока службы АКБ.

Общий КПД преобразования энергии в электроинструменте с АКБ равен произведению частичных КПД всех последовательных звеньев 1-5 этапов преобразования (см. рис. 1) [8, 11]. Вместе с тем он может быть выражен через отношение полезной энергии к затраченной:

$$\eta_{II} = \frac{P_M \cdot t_P}{Q_H \cdot U_H}, \quad (1)$$

где P_M и t_P – средняя квадратическая (эквивалентная) мощность нагрузки (Вт) за продолжительность (ч) работы инструмента [8];

Q_H и U_H – номинальные значения ёмкости (А · ч) и напряжения (В) АКБ.

Из выражения (1) определяется продолжительность работы электроинструмента от одной зарядки (ч):

$$t_P = \frac{Q_H \cdot U_H \cdot \eta_{II}}{P_M}. \quad (2)$$

Из анализа выражения (2) следует, что чем выше значение КПД преобразования энергии и меньше эквивалентная мощность нагрузки электроинструмента, тем продолжительнее интервал времени полного разряда АКБ и сохранение работоспособности инструмента. Для восстановления ёмкости АКБ продолжительность её полного заряда составит (ч)

$$t_3 = \frac{Q_H - Q_O}{I_3 \cdot \eta_3}, \quad (3)$$

где Q_O – остаточная ёмкость АКБ, А · ч;

I_3 – нормируемый зарядный ток АКБ, А;

η_3 – энергетический КПД АКБ, равный 0,55-0,6 – для никелевых батарей и 0,8-0,85 – для литиевых [4, 5, 12, 13].

При этом продолжительность одного цикла «разряд/заряд» с учётом выражений (2) и (3) составит (ч)

$$t_{II} = \frac{Q_H \cdot U_H \cdot \eta_{II}}{P_M} + \frac{Q_H - Q_O}{I_3 \cdot \eta_3}. \quad (4)$$

Продолжительность полного заряда АКБ и вынужденный простой электроинструмента сокращают, применяя ускоренный заряд повышенными токами. При этом мощность и стоимость зарядного устройства существенно увеличивается [1-2, 12]. Однако в этом случае можно обойтись без дополнительной АКБ либо уменьшить её номинальную ёмкость и снизить тем самым массу электроинструмента.

В качестве электромеханического преобразователя в составе ручного электроинструмента используют коллекторные, бесколлекторные (электронно-коммутируемые) и высокочастотные асинхронные электродвигатели. Если в коллекторных двигателях вращение ротора создается механической коммутацией обмоток якоря с помощью коллектора, то в бесколлекторных коммутация обмоток статора осуществляется специальным микроконтроллером с электронными ключами. Высокочастотные асинхронные электродвигатели применяют совместно с управляемым высокочастотным преобразователем частоты, что существенно повышает их стоимость и целесообразно, прежде всего, для электроинструмента класса ИСН. Коллекторные электродвигатели, несмотря на пониженную надёжность и низкий КПД, значительно дешевле бесколлекторных и асинхронных высокочастотных с преобразователем частоты при более простом техническом обслуживании, что обуславливает их широкое применение в электроинструменте класса ИОН, а при регулярном техническом обслуживании – и в классе ИПН.

В электроинструменте классов ИПН и ИСН нашли применение бесколлекторные (электронно-коммутируемые) электродвигатели. Они обладают повышенной надежностью и по сравнению с коллекторными электродвигателями имеют более высокий КПД с отсутствием искрения и повышенного шума. Их вращающий момент регулируется в широких пределах, что обеспечивает быстрый запуск и высокую перегрузочную способность. Вместе с тем эти электродвигатели относятся к повышенной ценовой категории и требуют специального технического обслуживания в специализированных мастерских и сервисных центрах.

Устройства преобразования электрической энергии АКБ с подачей её к электродвигателю (см. рис. 1) в общем случае обеспечивают коммутацию, реверс и плавное регулирование частоты вращения электродвигателя инструмента. Выполнение и функциональность этих преобразователей в электроинструменте определяется типом используемого электродвигателя и конкретными технологическими требованиями к электроинструменту. Наибольшую функциональность данные преобразователи имеют в электроинструменте классов ИПН и ИСН. В классе электроинструмента ИОН их функциональность в ряде случаев ограничивается включением/отключением электродвигателя привода.

Пристраиваемые редукторы в электроинструменте используют для снижения частоты вращения и повышения вращающего момента на рабочем органе. Они выполняются на шестернях с прямым, косым, коническим или червячным зубом. В электроинструменте класса ИОН шестерни могут быть выполнены из полимеров, класса ИПН – из алюминиевых сплавов или стали, а класса ИСН – из легированной стали.

В зависимости от назначения электроинструмента узел крепления рабочего органа может быть патроном, зажимом или фиксатором. В электроинструменте класса ИОН и ИПН в основном используют быстрозажимные кулачковые, а при малой мощности и цанговые патроны. В электроинструментах класса ИСН для снижения массы и повышения прочности корпуса могут использоваться более дорогие углепластики.

По причине неоднозначности выбора электроинструмента для разных производств общим подходом к его выбору будет являться сравнение однотипных вариантов по минимуму приведённых затрат за определённый интервал времени работы электроинструмента Z , руб/ч [7, 11]:

$$Z = K_u / T_n + C_{\Sigma} \rightarrow \min, \quad (5)$$

где K_u – стоимость (цена) ручного электроинструмента однотипного назначения с оснасткой, руб.;

T_n – нормированный изготовителем гарантийный срок службы (наработка) инструмента, ч;

C_{Σ} – эксплуатационные затраты на обслуживание электроинструмента и его оснастки, включающие в себя оплату потреблённой электроэнергии, руб/ч.

Нормированный изготовителем гарантийный срок службы или наработка реализуемого ручного электроинструмента напрямую связаны с заложенной надёжностью его основных узлов, которая численно оценивается интенсивностью отказов λ_{yi} каждого i -го узла и, соответственно, всего изделия Λ_u [11]:

$$\lambda_{yi} = \frac{\Delta N_{yi}}{N_{cpi} \cdot T_{ni}}, \quad (6)$$

$$\Lambda_u = \sum_{i=1}^6 \lambda_{yi}, \quad (7)$$

где ΔN_{yi} – количество отказов i -го узла за период наблюдений T_{ni} , ч;

N_{cpi} – среднее число исправных изделий в конце периода наблюдений, шт.

При постоянстве интенсивности отказов в период нормированного срока службы инструмента на основании выражений (6) и (7) средняя наработка электроинструмента до первого отказа T_0 и вероятность его безотказной работы $P(t)$ в течение назначенного периода времени t [11] будут следующими:

$$T_0 = 1 / \Lambda_u; \quad (8);$$

$$P(t) = e^{-\Lambda \cdot t}. \quad (9)$$

С учётом выражений (5)-(9) на рис. 2 представлены зависимости составляющих K_u/T_n и C_{Σ} приведённых затрат от повышения наработки T_0 (надёжности) до возникновения первого отказа в работе электроинструмента.

Из анализа выражений (5)-(9) и зависимостей (см. рис. 2) следует, что увеличение количества ($B \cdot ч$) использования электроинструмента на нормируемом интервале времени T_n ведёт к росту эксплуатационных расходов C_{Σ} и, соответственно, к необходимости повышения надёжности электроинструмента до первого отказа T_0 . Другими словами, чем интенсивнее используется электроинструмент в определённых условиях эксплуатации, тем выше должны быть заложенная в нём конструктивная надёжность основных узлов и класс инструмента. Например, ИПН или ИСН вместо ИОН.

Выбор аккумуляторного электроприводного электроинструмента сводится к принятию его номинальной мощности и степени конструктивной надёжности. Как правило, мощность электроприводного электроинструмента не превышает 2 кВт из-за ограничений по массе. При малых массе электроинструмента (до 1,5 кг) и мощности (до 100 Вт) он изготавливается обычно на удержание и работу одной рукой работающего. При средней и повышенной мощности и массе

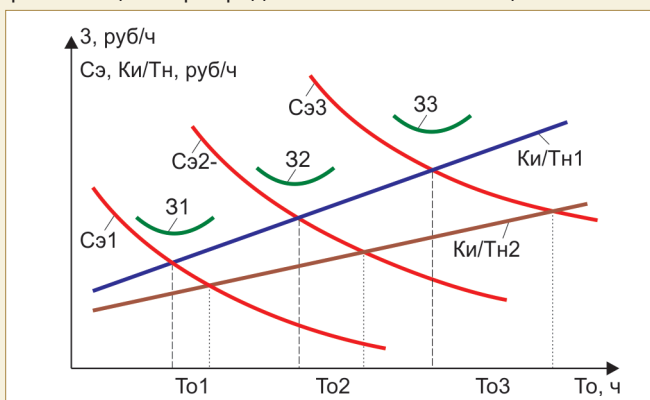


Рис. 2. Зависимости затрат на электроинструмент от наработки до первого отказа

Таблица 2. Классификация электроприводного инструмента по мощности

Показатели	Класс по мощности		
	малой	средней	повышенной
Мощность, Вт	Менее 100	100-500	500-2000
Напряжение, В	6-12	12-18	24-48
Ёмкость АКБ, А · ч	1-2	2-4	4-6

электроинструмента свыше 1,5 кг он изготавливается на удержание и работу двумя руками работающего. В связи с этим с целью унификации состава комплектующих устройств электроприводной ручной инструмент целесообразно классифицировать по мощности (табл. 2).

Для использования в быту наиболее целесообразно по цене и качеству использовать электроинструмент класса ИОН. В непрерывных производственных процессах агропромышленного комплекса, особенно со сложными условиями окружающей среды, целесообразно использовать более дорогой электроинструмент повышенной надёжности классов ИПН или ИСН. С учётом условий и особенностей эксплуатации электроприводного электроинструмента в условиях сельскохозяйственного производства важен выбор типа АКБ, так как её стоимость достигает 30-40% стоимости электроинструмента [6, 7]. Для этого дополнительно следует учитывать основные характеристики АКБ, используемых для электроприводного инструмента, с учётом особенностей технологии заряда, хранения и использования АКБ и электроинструмента [13].

На основании изложенного общий порядок выбора аккумуляторного электроприводного инструмента может быть следующим. В зависимости от типа технологической операции (сверление, резание и др.) и вида обрабатываемого материала (металл, древесина, бетон и др.) выбирается тип аккумуляторного электроинструмента (дрель, шуруповёрт, перфоратор, пила циркулярная, пила цепная и др.). С учётом условий (бытовые, производственные, полевые и строительные на открытом воздухе и др.) и интенсивности работ в течение года (малая < 300 ч, средняя < 600 ч, повышенная > 600 ч) определяются с необходимой мощностью электроинструмента (см. табл. 2), конструктивным исполнением и его классом по надёжности работы (ИОН, ИПН, ИСН). С учётом данных табл. 1 принимается оснащение инструмента соответствующим типом АКБ и устройством её зарядки (малой длительности < 1 ч, средней < 4 ч и повышенной > 4 ч), а технико-экономическое сравнение сопоставимых вариантов выполняется методом приведенных затрат.

Выводы

1. В результате анализа структуры и состава основных устройств ручного электроприводного инструмента с аккумуляторным питанием предложено классифицировать его по назначению и оснащению соответствующими устройствами.
2. Установлены аналитические зависимости продолжительности работы электроинструмента и заряда его АКБ в цикле использования.

3. Экономически обоснована необходимость повышения безотказности работы ручного электроинструмента с ростом эксплуатационных расходов на его использование.

4. Предложен общий порядок выбора электроприводного инструмента с аккумуляторным питанием в зависимости от вида выполняемой работы, мощности, интенсивности использования и класса конструктивной надёжности самого электроинструмента и его аккумуляторного накопителя электроэнергии.

Список литературных источников

1. Электроинструменты и их применение: 1500 вопросов и ответов / Под ред. Х. Швейцера // Н. Schweizer ROBERT BOSCH GmbH, 2005. 437 с.
2. **Синякович С.Г.** Выбор и эксплуатация электроинструмента. Минск: Харвест, 2003. 158 с.
3. Дрели-шуруповёрты: Выбираем лучшее решение // Дрель-ДоДыр. 2015. № 3. С. 23-27.
4. **Кашкаров А.П.** Аккумуляторы: справочное пособ. М.: ИП РадиоСофт, 2014. 192 с.
5. **Хрусталева Д.А.** Аккумуляторы. М.: Изумруд, 2003. 224 с.
6. Аккумуляторы BOSCH [Электронный ресурс]. URL: <https://www.toool.ru/catalogue/akkumulyatori/brand/bosch> (дата обращения: 12.02.22).
7. **Шичков Л.П.** Электрический привод: учебник и практикум для академического бакалавриата. 2-е изд., испр. и доп. М.: Юрайт, 2021. 330 с.
8. Динамика курса доллара США к рублю РФ [Электронный ресурс]. URL: https://yandex.ru/news/quotes/1.html?appsearch_header=1 (дата обращения: 12.02.22).
9. Электронный коммутатор вместо щеточного: бесколлекторные двигатели для аккумуляторного инструмента // Дрель-ДоДыр. 2018. №1. С. 46-51.
10. Коллекторный и бесколлекторный двигатели [Электронный ресурс]. URL: <https://green-battery.ru/reviews/obzory-elektroinstrumenta/kollektorny-i-beskollektorny-dvigateli/> (дата обращения: 12.02.22).
11. **Рипс Я.А., Савельев Б.А.** Анализ и расчёт надёжности систем управления электроприводами. М.: Энергия, 1974. 248 с.
12. Сравнительная таблица вторичных батарей [Электронный ресурс]. URL: <https://virtustec.ru/news/sravnitelnaya-tablica-vmorichnyx-batarej.html> (дата обращения: 12.02.22).
13. **Шичков Л.П., Людин В.Б.** Электротехнологические установки заряда аккумуляторов. М.: РГАЗУ, 2003. 88 с.

Features and Applications of Battery Powered Power Tool

L.P. Shichkov

V.B. Lyudin

O.P. Mokhova

(Russian State Agrarian Correspondence University)

Summary. An overview of a rechargeable battery-powered electric hand tool and an analysis of its use is given. The necessity of classifying such a power tool according to various indicators is shown in order to unify the equipment used and improve the reliability of its operation in agricultural conditions.

Keywords: hand tool, rechargeable battery, chemical current source, electromechanical energy converter, charger.

УДК 631.14:636.2.034

DOI: 10.33267/2072-9642-2022-3-45-48

Современные особенности территориального разделения труда и размещения производства в молочном скотоводстве

А.И. Тихомиров,

канд. экон. наук, ст. науч. сотр.,

tikhomirov991@gmail.com

(ФГБНУ ФИЦ ВИЖ имени Л.К. Эрнста);

О.В. Ухалина,

канд. экон. наук, вед. науч. сотр.,

o.uhalina@yandex.ru

(ФГБНУ «Росинформагротех»)

Аннотация. Проанализировано современное состояние территориально-отраслевого разделения труда в молочном скотоводстве. На основе оценки технологических факторов и региональных особенностей производства установлены условия повышения эффективности развития отрасли. Рассмотрен опыт Республики Мордовия по интенсификации молочного скотоводства и наращиванию объемов производства молочной продукции. На основании проведенного анализа сделаны предложения по совершенствованию территориально-отраслевого разделения труда и учета региональных особенностей специализации производства при отборе инвестиционных проектов для льготного кредитования и субсидирования.

Ключевые слова: молочное скотоводство, территориальное разделение труда, интенсификация, экономическая эффективность, молочная продуктивность.

Постановка проблемы

Формирование конкурентоспособного молочнопродуктового подкомплекса и развитие внутреннего рынка молочной продукции требуют выработки эффективных механизмов хозяйствования, основанных на учете отраслевых особенностей организации производства, рыночной конъюнктуры и имеющегося ресурсного потенциала [1, 2]. Одним из приоритетных направлений развития

молочной отрасли в сложившихся условиях становится совершенствование организационно-экономического механизма территориально-отраслевого разделения труда и специализации производства для оптимизации и повышения эффективности использования производственного потенциала, снижения операционных и управленческих издержек [3].

Современное развитие молочного скотоводства характеризуется созданием инновационных производственных площадок по производству и первичной переработке молока, позволяющих на основе использования принципов адаптивной интенсификации, специализации и концентрации повысить эффективность отрасли и нарастить объемы производимой товарной продукции [4, 5]. При этом вновь созданные животноводческие объекты отличаются друг от друга не только выбранной технологией содержания и кормления животных, производства и первичной переработки молока, но и регионом размещения, имеющейся производственной базой и инфраструктурой [6].

Ресурсный потенциал каждого конкретного субъекта страны имеет свои характерные особенности, учет которых на стадии проектирования и строительства молочно-товарных ферм приобретает решающее значение для обеспечения эффективного и устойчивого развития молочного скотоводства в современных условиях хозяйствования [7].

Цель исследований – изучение экономических и технологических факторов, определяющих эффективность размещения предприятий молочного скотоводства и формиро-

вание конкурентоспособного молочнопродуктового подкомплекса.

Материалы и методы исследования

В процессе выполнения исследования использовались специальные экономические методы – экономико-статистический, экономико-математический, монографический, метод экспертных оценок.

Информационно-аналитическую базу исследования составили труды Минсельхоза России, Росстата, ФТС России и материалы научно-исследовательских институтов и отраслевых союзов.

Анализ размещения производства молока в разрезе федеральных округов показал, что наибольший удельный вес занимают регионы Приволжского и Центрального федеральных округов, на территории которых в 2019 г. было произведено 9,7 и 6 млн т молока соответственно, что составляет 31 и 19% общего объема производства (рис. 1).

Крупнейшими регионами Поволжья по объему произведенного молока в 2019 г. стали республики Татарстан, Башкортостан и Удмуртская, где хозяйствами всех категорий было выпущено 1,9, 1,6 и 0,8 млн т соответственно.

Как правило, на территории данных субъектов отмечаются самые низкие закупочные цены на молоко и наиболее выражена сезонность производства из-за широкого распространения технологии пастбищного содержания в весенне-летней период, что дает возможность сократить производственные затраты благодаря использованию более дешевых зеленых кормов.



Источник: составлено на основании данных Минсельхоза России [8].

Рис. 1. Размещение производства молока по федеральным округам

Лидерами в Центральном федеральном округе являются Воронежская область (валовой объем производства молока – 980,5 тыс. т), а также Московская и Белгородская области (679 и 683,8 тыс. т соответственно). На территории этих регионов широкое распространение получили технология круглогодичного стойлового содержания коров и организация кормления монокормами (сбалансированные полнорационные кормосмеси), отличающаяся высоким уровнем механизации и автоматизации основных технологических процессов.

Производители, находящиеся на территории данных субъектов, имеют наиболее благоприятные природно-климатические условия и ресурсный потенциал для интенсификации отрасли, а также находятся в близкой транспортной доступности к крупным предприятиям молочной промышленности.

Кроме того, необходимо отметить близость расположения данных регионов к московской агломерации, являющейся на сегодняшний день ключевым рынком сбыта готовой молочной продукции с относительно высоким платежеспособным спросом и уровнем жизни населения.

Предприятия Сибирского федерального округа в 2019 г. произвели 4,4 млн т молока, что составило 14% общероссийского объема. На долю предприятий Южного и Северо-Кавказского федеральных округов пришлось 12 и 9% соответственно.

Результаты исследований и обсуждение

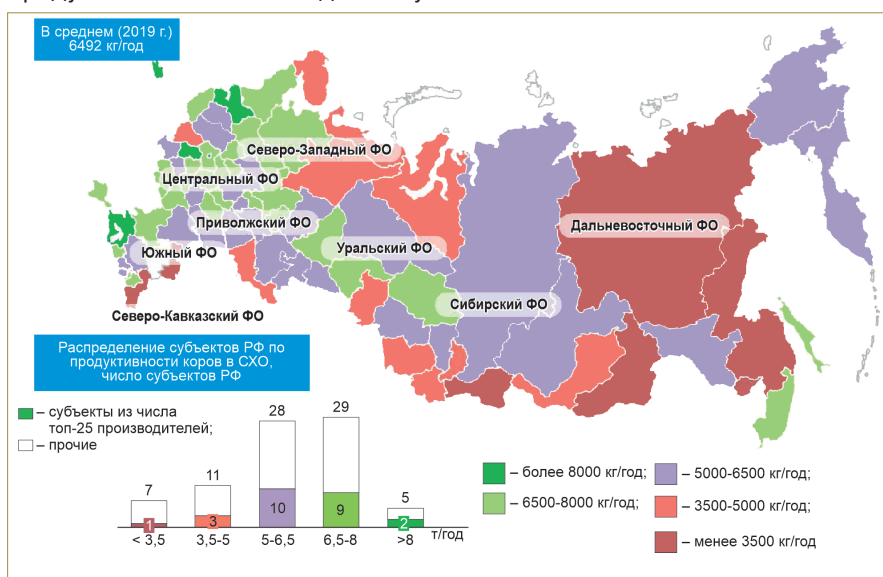
Характерной особенностью регионального развития молочного скотоводства является районирование пород крупного рогатого скота по хозяйственно-экономическим районам с учетом природно-климатических условий и продуктивного потенциала животных разного происхождения [9]. Это, в свою очередь, обусловило дифференциацию территории страны по уровню молочной продуктивности (рис. 2).

По данным Минсельхоза России, наивысший уровень молочной продуктивности в 2019 г. достигнут

в сельскохозяйственных организациях Северо-Западного федерального округа и составил 7482 кг молока. На территории данного округа среди всех регионов особенно выделяются сельскохозяйственные организации Ленинградской области, где надой на одну корову составил 8746 кг, что обусловлено многолетней эффективной работой по интенсификации племенного дела, организации системы воспроизводства и менеджмента стада.

Молочная продуктивность коров в сельскохозяйственных организациях Южного федерального округа достигла 7643 кг. При этом на предприятиях Краснодарского края удалось превзойти этот уровень и повысить его до 8036 кг, что стало возможным благодаря созданию новых и модернизации действующих молочно-товарных ферм на территории региона, закупке высокопродуктивного скота и современного технологического оборудования.

В хозяйствах Центрального федерального округа молочная продуктивность в 2019 г. составила 6996 кг. Лидерами по этому показателю стали предприятия Белгородской, Владимирской и Калужской областей, где надой на одну корову составил 7829, 7641 и 7544 кг соответственно.



Источник: составлено на основании аналитических материалов Национального союза производителей молока «Союзмолоко» [10].

Рис. 2. Территориальные особенности продуктивности в молочном скотоводстве

В данных регионах со стороны органов местной власти уделяется пристальное внимание развитию молочнопродуктового подкомплекса АПК, действуют специальные программы и механизмы поддержки производителей молока, которые обеспечивают высокие показатели продуктивности и технологического развития отрасли.

Предприятия, располагающиеся на территории Уральского, Сибирского и Дальневосточного федеральных округов, уступают по уровню продуктивности предприятиям ЦФО и ПФО из-за менее благоприятных природно-климатических условий и недостаточно развитой инфраструктуры.

Рассматривая региональные особенности размещения производственных мощностей в молочном скотоводстве, следует отметить субъекты Российской Федерации, лидирующие по уровню среднестрокового производства молока (табл. 1).

Данные регионы являются крупными экспортерами на внутреннем рынке, обеспечивая молочной продукцией не только местное население, но и жителей других регионов.

Так, среднестроковое производство в Кабардино-Балкарской Республике, которая является лидером в стране по этому показателю, в 2019 г. составило 593 кг, а собственное потребление молока и молочных продуктов на душу населения – 285 кг. Образовавшийся профицит продукции в объеме 308 кг был реализован за пределами региона.

Значительных достижений в развитии отрасли добились производители Республики Мордовия, которая занимает второе место в данном рейтинге. Собственный объем производства молока и молочных продуктов в 2019 г. достиг уровня 571 кг на душу населения, что позволяет при среднестроковом потреблении в 246 кг экспортировать как в другие субъекты страны, так и в другие страны 325 кг в расчете на одного жителя. При этом производство молока в регионе превышает среднероссийский уровень в 2,7 раза, а рациональную норму потребления – на 75,7%.

Таблица 1. Регионы-лидеры по среднестроковому уровню производства и потребления молока и молочных продуктов в 2019 г.

Регион	Производство молока			Потребление молока		
	на душу населения, кг	к среднестроковому уровню по стране, %	к РРП*, %	на душу населения, кг	к среднестроковому уровню по стране, %	к РРП*, %
Республика Кабардино-Балкария	593	277,1	182,5	285	121,8	87,7
Республика Мордовия	571	266,8	175,7	246	105,1	75,7
Кировская область	570	266,4	175,4	271	115,8	83,4
Удмуртская Республика	549	256,5	168,9	268	114,5	82,5
Алтайский край	518	242,1	159,4	256	109,4	78,8
Вологодская область	482	225,2	148,3	221	94,4	68
Белгородская область	441	206,1	135,7	259	110,7	79,7
Воронежская область	422	197,2	129,8	273	117,7	84
Рязанская область	413	193	127,1	215	91,9	91,9
Калужская область	397	185,5	122,2	240	102,6	102,6
Российская Федерация	214	-	65,8	234	-	72

*Рекомендованная рациональная норма потребления молока и молочных продуктов в расчете на молоко составляет 325 кг [11].

Таблица 2. Эффективность развития молочного скотоводства в сельскохозяйственных организациях Республики Мордовия

Показатели	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2019 г. к 2013 г., %
Поголовье КРС, тыс.	180,5	168,2	164,8	154,3	150,6	147	143,5	79,5
В том числе коров, тыс.	68,3	64	62,5	58,9	57,2	56,7	55,7	81,6
Производство молока, тыс. т	283,5	282,4	299,9	311,8	325,7	339,9	360,7	127,2
Затраты труда на производство 1 ц молока, чел.-ч	2,3	2,1	1,9	1,7	1,7	1,5	1,3	56,5
Надой на одну корову, кг	4686	4846	5470	5698	6137	6469	6921	147,7
Уровень рентабельности от реализации молока, %	28	39,6	29,6	32,5	42,8	26,3	35,9	7,9 п.п.

Источник: составлено на основании данных Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Мордовия.

Большое внимание со стороны органов управления АПК региона уделяется вопросам организации производства, обеспечению ведения расширенного воспроизводства отрасли и эффективности производства молока (табл. 2).

Внедрение современных ресурсосберегающих технологий и развитие племенной базы отрасли по-

зволило достичь высоких показателей технологической и экономической эффективности, повысить продуктивность, производительность труда и рентабельность производства [12].

Несмотря на сокращение поголовья коров в сельскохозяйственных организациях за 2013-2019 гг. на 18,4% (до 55,7 тыс. голов), производителям региона удалось нарастить

объемы производства молока на 27,2% (до 360,7 тыс. т) путем увеличения молочной продуктивности дойного стада на 47,7%.

Другой характерной особенностью молочнопродуктового подкомплекса Республики Мордовия является наличие собственной развитой молочной промышленности, что позволяет вести переработку сырого молока, производимого на территории региона, и наращивать выпуск готовой молочной продукции, обеспечивать рабочими местами население муниципальных образований и увеличивать налоговые поступления в бюджеты всех уровней.

На территории региона успешно работают такие предприятия, как ГК «Хорошее дело», Danon, АО «Саранский консервный завод», сыродельные комбинаты «Ичалковский», «Сармич» и ряд других компаний. Широкая товарная номенклатура, высокое качество продукции и развитая система маркетинга и продвижения собственных торговых марок позволяют предприятиям реализовывать свою продукцию не только на территории региона, но и активно поставлять ее в другие субъекты и зарубежные страны.

Данный подход в развитии молочнопродуктового подкомплекса, основанный на эффективном взаимодействии местных органов власти и бизнес-сообщества, может стать примером для изучения в качестве наилучших российских практик функционирования регионального АПК при разработке ведомственных государственных программ и мер государственной поддержки аграрного сектора экономики.

Выводы

1. Развитие молочно-продуктового подкомплекса АПК зависит от уровня природно-климатического и производственного потенциала конкретного региона, бюджетной обеспеченности и транспортной доступности к основным рынкам сбыта.

2. Изучение территориальных особенностей размещения производственных мощностей молочного скотоводства и развитие инвести-

онной деятельности в отрасли должны стать приоритетным направлением проведения отраслевой экспертизы при разработке программы развития АПК, отборе проектов для субсидирования части понесенных затрат и участия в системе льготного кредитования с государственной поддержкой.

3. Использование передового отечественного и зарубежного опыта позволит снизить операционные и управленческие издержки, повысить технологическую и экономическую эффективность производства молока, выйти отрасли на качественно новый уровень развития, характеризующийся высокой устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды и конкурентоспособностью производимой продукции.

Список

использованных источников

1. Тихомиров А.И., Маринченко Т.Е. Экономические и технологические особенности развития молочнопродуктового подкомплекса АПК // Техника и оборудование для села. 2020. № 11 (281). С. 44-50.
2. Маринченко Т.Е., Мишулов Н.П., Тихомиров А.И., Чернышова А.А. Современные технологии и организационно-экономический механизм воспроизводства в скотоводстве молочного направления продуктивности. М.: ФГБНУ «Росинформгротех», 2020. 88 с.
3. Дунин И.М., Амерханов Х.А. Селекционно-технологические аспекты развития молочного скотоводства в России // Зоотехния. 2017. № 6. С. 2-8.
4. Амерханов Х.А. Состояние и развитие молочного скотоводства в Российской Федерации // Молочное и мясное скотоводство. 2017. № 1. С. 2-5.
5. Стрекозов Н.И. Эффективность использования коров симментальской и чернопестрой пород молочного скота в регионах их совместного разведения в России // Экономика с.-х. и перераб. предприятий. 2019. № 6. С. 16-21.
6. Соловьева О.И., Амерханов Х.А., Кертиев Р.М. Повышение эффективности разведения молочного скота: моногр. М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2021. 199 с.
7. Тихомиров А.И. Эффективность реализации процессов импортозамещения в мясомолочном подкомплексе АПК //

Вестник аграрной науки. 2020. № 2 (83). С. 138-146.

8. Молочное скотоводство России // URL: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/e95/e9545c1b91d415a9a046ac0cf01fe62c.pdf> (дата обращения: 20.01.2022).

9. Чинаров В.И. Молочное и мясное скотоводство России: проблемы и перспективы // Экономика с.-х. и перераб. предприятий. 2019. № 2. С. 8-11.

10. Текущее состояние и перспективы производства молока в России // URL: https://souzmoloko.ru/news/rinok-moloka/rinok-moloka_4970.html (дата обращения: 20.01.2022).

11. Приказ Минздрава России № 614 от 19.08.2016 «Об утверждении рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания» // URL: <http://www.garant.ru/hotlaw/federal/898204/> (дата обращения: 0.01.2022).

12. Тихомиров А.И. Развитие системы информационно-аналитического обеспечения и управления затратами в молочном скотоводстве // Техника и оборудование для села. 2020. № 5 (275). С. 45-48.

Modern Features of the Territorial Division of Labor and the Location of Production in Dairy Cattle Breeding

A.I. Tikhomirov

(L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry)

O.V. Ukhulina

(Rosinformagrotekh)

Summary. The current state of the territorial-sectoral division of labor in dairy cattle breeding is analyzed. Based on the assessment of technological factors and regional characteristics of production, the conditions for increasing the efficiency of the development of the industry are established. The experience of the Republic of Mordovia in intensifying dairy cattle breeding and increasing the volume of dairy production is considered. Based on the analysis carried out, proposals were made to improve the territorial and sectoral division of labor and take into account regional features of production specialization in the selection of investment projects for concessional lending and subsidizing.

Keywords: dairy cattle breeding, territorial division of labor, intensification, economic efficiency, dairy productivity.