

Механизация, электрификация, автоматизация и цифровизация

УДК 631

DOI 10.31857/S2500262725030081 EDN FEDQXJ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОСТИЖЕНИЯ АГРОИНЖЕНЕРНОЙ НАУКИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

© 2025 г. Я. П. Лобачевский¹, доктор технических наук, академик РАН, Ю. Ф. Лачуга¹, доктор технических наук, академик РАН, А. Ю. Измайл², доктор технических наук, академик РАН, Ю. Х. Шогенов¹, доктор технических наук, академик РАН

¹Российская академия наук,
119991, Москва, Ленинский просп., 14

²Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,
109428, Москва, 1-й Институтский проезд, 5
E-mail: lobachevsky@yandex.ru

Представлена научно-техническая продукция за отчетный 2024 г. агроинженерных научных учреждений Министерства науки и высшего образования и Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, находящихся под научно-методическим руководством Отделения сельскохозяйственных наук РАН по фундаментальным, поисковым фундаментально ориентированным прикладным научным исследованиям в области развития энергоресурсосберегающих экологически безопасных машинных технологий, роботизированной техники и цифровых систем для производства высококачественной и конкурентоспособной продукции растениеводства и животноводства; энергообеспечения, энергосбережения, возобновляемой и альтернативной энергетики в агропромышленном комплексе Российской Федерации; технологий и автоматизированных средств технического сервиса, восстановления и повышения надежности техники с применением нанотехнологий, поликомпозиционных и наноматериалов. Востребованность и актуальность результатов исследований научных агроинженерных учреждений подтверждает заинтересованность в новых разработках сельхозтоваропроизводителей и организаций разных форм собственности аграрной отрасли страны.

SCIENTIFIC AND TECHNICAL ACHIEVEMENTS OF AGRO-ENGINEERING SCIENCE IN THE CONDITIONS OF DIGITALIZATION OF AGRICULTURE

Ya. P. Lobachevsky¹, Yu. F. Lachuga¹, A. Yu. Izmailov², Yu. Kh. Shogenov¹

¹Russian Academy of Sciences,
119991, Moskva, Leninskii prosp., 32a

²Federal Scientific Agroengineering Center VIM,
109428, Moskva, 1-i Institutskii proezd, 5
E-mail: lobachevsky@yandex.ru

The scientific and technical production for the reporting year 2024 of agroengineering research institutions of the Ministry of Science and Higher Education and the Ministry of Agriculture of the Russian Federation, which are under the scientific and methodological guidance of the Department of Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences on fundamental and applied research in the field of development of energy-saving environmentally safe machine technologies, robotic equipment and digital systems for the production of high quality and competitive crop production is presented. The demand and relevance of the research results of scientific agroengineering institutions is confirmed by the interest in new developments of agricultural producers and organizations of different forms of ownership of the agrarian sector of the country.

Ключевые слова: мобильные энергетические средства, машинные технологии, агрегат, культиватор, сушка зерна, обеззараживание, газоразрядная плазма, цифровой двойник, нейронная сеть, автоматизация, энергообеспечение, возобновляемая энергетика, аккумулятор, агроэкосистема, цифровые системы, роботизированная техника, диагностика, технический сервис, мониторинг.

Keywords: mobile energy means, machine technologies, aggregate, cultivator, grain drying, disinfection, gas-discharge plasma, digital twin, neural network, automation, energy supply, renewable energy, battery, agroecosystem, digital systems, robotic technology, diagnostics, technical service, monitoring.

Необходимость повышения конкурентоспособности продукции агропромышленного комплекса обозначена на государственном уровне и на современном этапе и активно решается в соответствии с приоритетными и перспективными направлениями научно-технологического развития Российской Федерации [1, 2, 3]. Преодоление технологических рисков в сфере продовольственной безопасности, вызванных отставанием в уровне технологического развития от производственной базы развитых стран [4, 5, 6], подразумевает переход к высокопродуктивному и экологически чистому производству качественной сельскохозяйственной продукции с применением передовых машинных техно-

логий, разработкой и внедрением в аграрную отрасль современных цифровых технологий, роботизированных систем [7, 8, 9], возобновляемой и ресурсосберегающей энергетики [10, 11, 12].

Цель исследований – анализ результатов исследований по механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства в рамках Программы фундаментальных научных исследований Российской Федерации в РФ на 2021–2030 годы (в дальнейшем Программа).

Методика. Поэтапное выполнение научно-исследовательских работ (НИР) снижает риски и создает базу для перехода к более высокому уровню готовно-

сти разрабатываемых технологий и технических средств. В 2024 г. исследования по механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства в рамках раздела «Сельское хозяйство, лесное хозяйство, рыбное хозяйство» Программы фундаментальных научных исследований (ПФНИ) в Российской Федерации на долгосрочный период (2021–2030 гг.) выполняли 5 федеральных государственных бюджетных научных учреждений, подведомственных Министерству науки и высшего образования Российской Федерации (ФНАЦ ВИМ, ФНЦ ЛК, ВНИИТиН, СФНЦА РАН, АНЦ Донской) с участием 456 научных работников (исследователей), в том числе 81 доктор и 167 кандидатов наук, 11 академиков и 8 членов-корреспондентов РАН. Для выполнения НИР были задействованы имеющиеся в научных организациях лаборатории и обновленное и современное инфраструктурное оборудование для достижения запланированных результатов по тематикам научных планов и проектов. В исследованиях задействованы современные и разработанные методики постановки и проведения фундаментальных, поисковых фундаментально ориентированных прикладных научных изысканий, в том числе междисциплинарного характера в области агроинженерии. За отчетный период 2024 г. число молодых ученых и специалистов в возрасте до 39 лет составило 241 человек, или 52,9 % от общего числа исследователей, что превысило на 13,1 % предыдущий отчетный период (2023 г.). При этом численность научных сотрудников по агроинженерной специальности снизилось на 0,9 %. Полученные научно-технические разработки в результате научных изысканий представлены в рамках отчетности научными учреждениями ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, ФГБНУ ФНЦ ЛК, ФГБНУ ВНИИТиН, ФГБНУ СФНЦА РАН, ФГБНУ АНЦ Донской и вузами агроинженерной направленности в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32-2017. Для проведения исследований использовались информационные ресурсы научной электронной библиотеки elibrary.ru, результаты интеллектуальной деятельности, научно-исследовательские работы научных и образовательных учреждений Минобрнауки РФ и Минсельхоза РФ, в том числе электронные информационные ресурсы, которые создаются и ведутся в ФГБНУ ФНАЦ ВИМ и ФГБНУ «Росинформагротех», публикации ведущих ученых и специалистов отрасли по тематике исследований.

Результаты и обсуждение. По разделу «Развитие энергообеспечения, энергосбережения, возобновляемой и альтернативной энергетики в агропромышленном комплексе Российской Федерации» ПФНИ продолжены работы по изучению процессов энергообеспечения, энергоресурсосбережения, возобновляемых и альтернативных источников энергии, разработке экологически безопасных машинных технологий, роботизированной техники и цифровых систем для производства конкурентоспособной сельскохозяйственной продукции. В 2024 г. в этом направлении получена следующая научно-техническая продукция:

методика определения сокращения потерь электроэнергии и повышения надежности электроснабжения потребителей с использованием двух трансформаторов сезонно вместо одного на трансформаторных подстанциях 10/0,4 кВ, позволяющая определять рациональные мощности трансформаторов на основе оценки потерь электроэнергии и надежности электроснабжения (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

методика сравнения систем локального обеспечения электроэнергией от солнечных панелей и электросети, позволяющая определить эффективную систему обе-

спечения электрической энергией для конкретного объекта с учетом его требований и условий эксплуатации (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

технологическая схема и методика расчета комбинированного электрического теплоаккумуляционного обогревателя при его работе с потолочным вентилятором, позволяющая определять теплоэнергетические, электрические и конструкционные параметры агрегатов, входящих в систему отопления (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

способ сезонного резервирования электроснабжения потребителей, подключенных к одной сети, позволяющий осуществлять подключение к резервному источнику только ответственных потребителей, исключая риск его перегрузки. Патент РФ № 2828477 (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

способ согласования волноводов, позволяющий повысить эффективность передачи микроволновой мощности по щелевым волноводам и ее рассеивание в объеме обрабатываемого материала, что приводит к повышению тепловой обработки зерна (сушка, обеззараживание, подготовка к скармливанию). Патент РФ № 2813853 (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

способ повышения коэффициента использования установленной мощности ветроэлектрической станции, позволяющий увеличить коэффициент использования с 10 % до 53 % в условиях малых среднегодовых скоростей ветра (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

способ сезонного сокращения потерь электрической энергии и повышения надежности в электрической сети, включающий замену одного трансформатора на два трансформатора (для трансформаторных подстанций 10/0,4 кВ), позволяющий сократить потери электроэнергии на 6...15 % и время перерывов в электроснабжении потребителей с 9,44 до 0,613 ч/год. Патент РФ № 2813851 (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

способ и устройство для передачи электрической энергии, обеспечивающие передачу электроэнергии по однопроводной резонансной линии в режиме полуволны на любые расстояния, начиная с 3 км, с высоким КПД передачи электрической мощности. Патент РФ № 2819862 (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

излучающий волновод электромагнитного поля СВЧ для повышения энергоэффективности установок СВЧ-конвективной сушки за счет охлаждающего магнетрон воздуха в качестве агента сушки. Патент РФ № 2821062 (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

автономное зарядное устройство мобильного транспортного средства с электроприводом от солнечной энергии, обеспечивающее до 30 % дополнительной энергии в солнечный день (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

способ и устройство для нейтрализации и дезодорации вентиляционных выбросов крупных животноводческих и птицеводческих предприятий с использованием газоразрядной плазмы атмосферного давления, обеспечивающие нейтрализацию до 95 % газообразных вредных веществ, содержащихся в вентиляционных выбросах крупных животноводческих комплексов, при экономическом эффекте 5 млн р/год для свинооткормочного комплекса на 108 тыс. голов и электрической мощности устройства 2 кВт. Патент РФ № 2809452 (СФНЦА РАН);

модернизированный источник бесперебойного питания для применения в автономных и гибридных системах электроснабжения с использованием солнечных фотоэлектрических модулей. (РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева);

сетевая солнечная фотоэлектрическая установка мощностью 1,6 кВт для снижения потребления электроэнергии из централизованной сети. Патенты

РФ № 2024663109, 2024661664 (РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева);

мобильный автономный источник энергии на базе литийионных вторичных аккумуляторов с возможностью зарядки от солнечных фотоэлектрических модулей. Патенты РФ № 2022667930, 2022667166 (РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева);

электроозонатор «Норма-15» для дезинфекции воздушной среды (РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева);

программа для ЭВМ «Цифровой свиноплекс. Учет данных» автоматизации учета свойств свиного бесподстилочного навоза и создания цифрового двойника свиноплекса для получения рекомендации по корректности/некорректности взаимодействия с пользователем. Патент РФ № 2024684861 (ФГБОУ ВО РГАУ);

программа для ЭВМ «Искусственная нейронная сеть прогноза массы животных в зависимости от рациона их питания», Патент РФ № 2024686716 (ФГБОУ ВО РГАУ);

программа для ЭВМ «Визуализация эффективности выращивания сои в зависимости от ее белковости» для визуализации и автоматизации расчета с элементами прогнозирования. Патент РФ № 2024684878 (ФГБОУ ВО РГАУ);

программа для ЭВМ «Цифровой ассистент ведения журнала обращения с отходами и побочными продуктами животноводческих предприятий» для автоматизации всего процесса. Патент РФ № 2024680124 (ФГБОУ ВО РГАУ);

биогазовая установка для анаэробного эффективного сбраживания органических отходов, позволяющая получать биогаз и качественные органические удобрения при температуре сбраживания 30...36 °С. Патенты РФ № 230368, 2813442 (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ);

устройство для автоматизированной подачи кормов для животных с одновременным перемешиванием и дозированной подачей кормовых добавок. Патент РФ № 227092 (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ);

программа для статистической экспресс-обработки данных научных экспериментов. Патент РФ № 2024664857 (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ);

программа оценки эффективности конструктивных разработок и параметрам технико-экономических показателей (годовой экономический эффект, срок окупаемости и коэффициент эффективности капитальных вложений). Патент РФ № 2024664856 (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ);

установка СВЧ для сушки растительного материала, позволяющая снизить энергетические затраты за счет более равномерного распределения электромагнитного поля и повысить качество сушки растительного материала при снижении энергопотребления с 7 до 3 мДж/кг. Патент РФ № 226801 (ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ);

По разделу «*Энергоресурсосберегающие экологически безопасные машинные технологии, роботизированная техника и цифровые системы для производства высококачественной сельскохозяйственной продукции*» научные изыскания проводили ФНАЦ ВИМ, ФНЦ ЛК, ВНИИТиН, СФНЦА РАН, АНЦ Донской, ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои и др.

По результатам НИР в 2024 г. получена следующая научно-техническая продукция:

методика проектирования фронтальных плужных корпусов для прецизионной обработки почвы со сложной пространственной поверхностью, позволяющая на черноземной почве снизить тяговое сопротивление на 15 % ниже показателя серийного плуга ПЛН-8-40. Патент РФ № 2828845 (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

методология формирования системы машин для комплексной механизации, автоматизации и роботизации сельскохозяйственного производства при использовании альтернативных энергоносителей, источников и накопителей энергии (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

автоматизированная машина закладки на хранение картофеля и овощных культур с цифровой системой управления, обеспечивающая снижение механических повреждений клубней до 5 % с годовым экономическим эффектом 87 000 руб. от внедрения разработки (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

закономерности идентификации биологических объектов цифровой системой управления для закладки на хранение картофеля и овощных культур, позволяющие обосновать конструктивные и технологические параметры машины: длину и ширину подпорного питателя, скорость движения машины и выгрузного транспортера, а также потребляемую мощность 2,14...2,55 кВт. Патент РФ № 2024624359 (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

роботизированное кассетное загрузочное устройство подачи высеваемого материала (семян) к высевочному аппарату сеялки для селекционных работ. Патент РФ № 2806909 (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

конструкция фитооблучателя с иммерсионным типом охлаждения со светоотдачей которого на 10 % выше облучателей с естественным воздушным охлаждением. Патент РФ № 2829989 (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

климатическая камера СК-ВИМ-1.2 для клонирования растений, выращивания зеленных и овощных культур за счет точного моделирования климатических условий при снижении расходов на электроэнергию за счет применения светодиодного освещения. Патент РФ № 2022611514 (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

климатическая камера СК-ВИМ-8.8 для ведения селекционных работ, выращивания зеленных, зерновых и овощных культур, способствующая сокращению времени проведения селекционных работ при круглогодичном выращивании Патент РФ № 2023663174 (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

компоновочная, пневматическая и электрическая схемы системы регулирования давления воздуха в шинах (СРДВШ) мобильных энергетических средств сельскохозяйственного назначения для повышения энергоэффективности МЭС и снижения динамической нагруженности элементов конструкции и переуплотнения почвы (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

концепция применения роевых технологий в мультиагентных системах сельскохозяйственных мобильных средствах с использованием алгоритма оптимизации PSO для повышения эффективности механизации, автоматизации и роботизации технологических операций (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

система проектирования и управления технологиями, комплексами машин и оборудованием рециклинга сельскохозяйственных отходов, обеспечивающих экологическую устойчивость агроэкосистем при интегрированном использовании современных методов оценки влияния агротехнологий на окружающую среду (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

исходные требования на экспериментальный образец биофильтра для очистки выбросов при интенсивных технологиях переработки побочной продукции животноводства с системой контроля технологического процесса улавливания из газовой смеси при биоферментации аммиака до 1,4 кг/т (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

исходные требования на опытный образец мобильного технического средства для очистки стоков при мытье групповых поилок для КРС, позволяющие на ферме

с поголовьем 1200 голов дойного стада со шлейфом снизить выход стоков до 12,5 % в сутки при производительности не менее 75 л/мин и давлении в системе 0,2...0,8 МПа (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

система управления манипулятором робототехнического комплекса для поточной уборки плодов яблони, обеспечивающая быстрое действие рабочих циклов манипулятора на сьем одного плода не более 12 секунд и точность распознавания плодов на кроне дерева с помощью модели сверточной нейронной сети на изображениях/видео в режиме реального времени не менее 96 % (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

программно-аппаратные средства для цифрового мониторинга биологических объектов и управления процессом роботизированной уборки, позволяющие распознавать и классифицировать плоды и листья яблони, цветки и завязи, определять их размеры, степень поражения болезнями в режиме реального времени с точностью 78...96 % в зависимости от условий окружающей среды и объекта распознавания. Патенты РФ №№ 2022680343 и 2024685179 (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

способ определения полегания посевов зерновых культур с помощью нейронной сети, позволяющий сократить временные ресурсы и автоматизировать процессы оценки посевов зерновых культур. Патент РФ № 2024682640 (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

алгоритм управления движением роботизированной платформы с использованием методов компьютерного зрения и кластеризации, позволяющий определять границы каждого ряда и позиционировать рабочие органы, обеспечивая точность внесения СЗР в рабочую зону не менее 96 % (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

имитационная модель энергетических показателей процесса вспашки, обеспечивающая оценку зависимости усилия вспашки от технологических и геометрических параметров корпуса плуга (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

методология создания цифровых двойников сельскохозяйственных биологических объектов и рабочих органов сельскохозяйственных машин с учетом технологических особенностей, обеспечивающая комплексный подход к созданию цифрового двойника (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

методика виртуальных испытаний цифровых двойников рабочих органов сельскохозяйственных машин в процессе их функционирования, позволяющая выстроить технологический процесс их проведения (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

универсальное оборудование для переработки растительного сырья, позволяющее повысить биодоступность компонентов получаемого кормового продукта на 25...50 % при снижении уровня загрязнения окружающей среды при переработке ингредиентов (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

безотходная технологическая линия по производству комбикорма с применением гидролизата, полученного путем глубокой переработки растительного сырья при сокращении времени обработки сырья на 38 % (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

научные основы для создания технологий и технических средств, обеспечивающих механизацию и автоматизацию процессов в племенном животноводстве (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

система автоматической бесконтактной оценки хромоты для ранней диагностики развивающихся и существующих заболеваний КРС (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

метод построения магнитного подвеса доильной платформы Карусель, включающая горизонтальные магнитные сборки левитации и вертикальные магнитные

сборки боковой стабилизации для повышения долговечности платформы до 2,5 раза за счет отсутствия трения и колесных движителей системы «рельс-колесо» (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

технологические схемы ресурсосберегающей левитирующей доильной платформы Карусель, обеспечивающая снижение капитальных затрат на монтаж, техническое обслуживание и ремонт до 30 % при снижении потребляемой мощности привода платформы до 2,5 раза (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

математические модели для определения силы магнитной левитации и боковой стабилизации вращающейся доильной платформы карусель с использованием неодимовых магнитов, обеспечивающих левитационный зазор не менее 0,05 м (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

технологическая схема линии первичной обработки молока на базе термоэлектрических модулей, позволяющая проводить дифференцированную тепловую обработку молока на роботизированных молочных фермах (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

аэродинамический расчет и гидравлические параметры гибкого воздуховода для системы местной вентиляции коровника, обеспечивающие снижение теплового стресса у животных до 35 % (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

технологические схемы и методики для оптимизации состава технических средств и повышения производительности поточно-технологических линий приготовления и раздачи кормов до 20 % на фермах и комплексах КРС (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

вспушивающее устройство с повышенной плавностью хода и увеличенной прочностью зубьев, обеспечивающее полноту вспушивания лент льна не менее 98,8 % и снижение повреждений стеблей, влияющих на выход длинного волокна, на 1,5 % (ФГБНУ ФНЦ ЛК);

инновационная клеверотерка для механизированной послеуборочной и предпосевной подготовки семян многолетних бобовых трав (для селекции многолетних трав и кормовых культур, например, клевера ползучего) на современной элементной базе и программное обеспечение, обеспечивающие точную настройку параметров работы механического привода (время перетирания настраивается с точностью до ± 1 секунды, скорость вращения шпинделя с точностью до ± 25 об/мин) при общем объеме терочного стакана 700 см³ (ФНЦ ЛК);

параметры и режимы эффективности работы подбирающего аппарата льноуборочной машины, обеспечивающие производительность работы до 1,2 га/час, чистоту очеса семенных коробочек до 99,8 %, минимальный отход стеблей в путанину 0,52 % (ФГБНУ ФНЦ ЛК);

конструктивно-технологическая схема и режимы работы инновационного самоходного оборачивателя лент льна на электроприводе с дистанционным управлением, обеспечивающие снижение энергоемкости машины до 3,5 кВт и экологичность ее работы (ФГБНУ ФНЦ ЛК);

опытный образец универсального технического средства, обеспечивающего измельчение неиспользуемых остатков стеблей лубяных культур в полевых условиях, сокращение количества технологических операций в 2 раза и экономию топлива (ФГБНУ ФНЦ ЛК);

параметры очесывающей гребенки и экспериментальные данные режимов работы однороторного очесывающего барабана, обеспечивающие чистоту очеса семенных коробочек со стеблей льна на корню не менее 99,2 % (пат. № 2816766) (ФГБНУ ФНЦ ЛК);

параметры многофункционального устройства для уборки технической конопли с плющением стеблей и разрезанием на отрезки заданной длины, позволяющие

щая сократить сроки получения тресты и повысить ее однородность (ФГБНУ ФНЦ ЛК);

инновационные технологии возделывания пропашных культур и хранения корнеплодов сахарной свеклы модернизированными техническими средствами с использованием цифровых систем управления, обеспечивающие снижение рисков потери качества сахарной свеклы в период хранения. Патенты РФ № 2024616636; 2024616645; 2024616861 (ФГБНУ ВНИИТиН);

компьютерная программа оценки эффективности использования зерноуборочных комбайнов на уборке сои в сельхозпредприятии, применение которой способствует повышению эффективности уборки сельскохозяйственной культуры с экономическим эффектом 1100...1800 руб/га убираемой площади. Производственная апробация разработки проведена в сельхозпредприятиях Тамбовской области: МФП «Нива» и СПК «Русь». Патент РФ № 2024618832 (ФГБНУ ВНИИТиН);

технологические регламенты и система управления качеством технологических процессов производства кормов для высокопродуктивного молочного скота, обеспечивающая повышение эффективности функционирования звеньев биотехнических систем в животноводстве за счет улучшения качества технологических процессов (ФГБНУ ВНИИТиН);

метод усовершенствования технологических процессов в молочном скотоводстве и способ повышения резистентности и продуктивности крупного рогатого скота за счет использования кормовой добавки из кипрея узколистного, способствующие повышению в молоке массовой доли жира до 13,3 %. Патент РФ № 2816330 (ФГБНУ ВНИИТиН);

комплекс технических средств при поверхностном внесении жидких форм минеральных удобрений, обеспечивающих распределение удобрений по подстилающей поверхности и активное смешивание их с поверхностным слоем почвы (СибИМЭ СФНЦА РАН);

пневмогидромеханические распылители лепесткового и тарельчатого типов, обеспечивающих равномерность распределения не менее 92 % (СибИМЭ СФНЦА РАН);

оптимальные параметры и режимы очистки зерна при форсированных режимах колебаний решетного стана в зависимости от засоренности зернового вороха (СибИМЭ СФНЦА РАН);

способ и устройство для нейтрализации и дезодорации вентиляционных выбросов биореакторов с использованием газоразрядной плазмы атмосферного давления, обеспечивающих нейтрализацию до 95 % газообразных вредных веществ, содержащихся в отходящих газах биореакторов. Патент РФ № 2809452 (СибИМЭ СФНЦА РАН);

рациональные параметры процесса гранулирования влажных кормов для рыб, включающих зерновое сырье ранней спелости (влажность сырья – 38...42 %, температура 46...49,5 °C, модуль помола сырья 1,4...1,7 мм, частота вращения рабочих органов 48...50 мин⁻¹), обеспечивающие удельную энергоёмкость процесса – 2,2...2,7 кВт·ч/т (ФГБНУ АНЦ Донской);

опытный образец навесной сеялки прямого посева в дернину и многофункциональный почвообрабатывающий агрегат, обеспечивающие высокое качество почвообработки и посева при отклонении фактического высева от заданного (8,0 кг/га) на высевах козлятника восточного до 4,8 %. Диапазон передаточных отношений обеспечивает норму высева в интервале 3,5...207,4 кг/га. Патент РФ № 2772128 (ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока);

клеверотерка-скарификатор КС-0,3П, обеспечивающий степень вытирания 95,4...95,6 % при дроблении семян до 0,1...1,0 % с эффектом очистки от легких примесей до 73,6...77,7 %, а также с производительностью при скарификации 0,37...0,49 т/ч, обеспечивающий степень скарификации 95,8...96,5 % при дроблении 0,3...0,8 % (ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока);

технические средства технологических линий и конструкторская документация кормоцеха для производства концентрированных полнорационных комбикормов для крестьянских и фермерских хозяйств. Патенты РФ № 2813484 2812431, 2813794, 2813897, 2813908, 2812431, 2814234, 2815106, 2819163, 2829230. Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ №№ 2024615007, 2024615456, 20246660939, 2024685530 (ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока);

модернизированный комбинированный стерневой агрегат КСА-3,8М, предназначенный для подрезания стерни, рыхления слоя почвы на глубину заделки семян, выравнивания поверхности поля, двухфазного разрушения планчатыми почворежущими катками почвенных агрегатов до мелких фракций и их уплотнения с шириной захвата 3,8 м, глубине обработки 0,05...0,15 м и скорости движения 8...12 км/ч (ФГБНУ НИИСХ Крыма).

регулируемая вентиляционная решетка с защищенным приводом для систем микроклимата свиноводческих предприятий, обеспечивающая механическое регулирование направления вектора потока струи приточного воздуха. Патент RU 228091 U1 (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева);

методика обеспечения экологической безопасной утилизации животноводческих стоков на сельскохозяйственных полях орошения с применением численных алгоритмов расчета на ЭВМ процессов миграции влаги и азотных соединений и их трансформаций в почвах и подстилающих (РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева);

технологический прием и опытный образец машины для химической обработки приствольных полос в садах интенсивного типа (ГербиСК-2000), обеспечивающей повышение эффективности интенсивного садоводства путем гербицидной обработки приствольных полос двух полурадов многолетних насаждений. Патент РФ № 2824205 (ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ и ФГБНУ СКНИИГПС);

опытный образец инновационной комбинированной двухроторной садовой фрезы для эффективной обработки области приствольной полосы плодовых деревьев. Патент РФ № 229082 (ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ);

математические модели формирования поверхностного стока, процесса фильтрации воды в почве, взаимодействия капель дождя с поверхностью почвы, позволяющие установить глубину стока в приствольный момент времени, анализировать режимы функционирования гидросооружений и эффективно управлять водными ресурсами (ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ);

установка для обработки материалов СВЧ-полем, включающую одновременную обработку нескольких полимерных материалов для улучшения технологических качеств и свойств, обеспечивающая относительное разрывное удлинение поликапроамидных нитей на 48,2 %, увеличение разрывной нагрузки на 27,6 %, по сравнению с контрольными образцами (без обработки СВЧ). Патент № 226896 (ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ);

привод режущего аппарата для скашивания сельскохозяйственных растений, обеспечивающий качественную работу ножей режущего аппарата жатки сельскохозяйственной машины и повышение надеж-

ности режущего аппарата за счет сокращения числа кинематических звеньев. Патент № 225821 (ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ);

пульсатор доильного аппарата, включающий корпус, вакуумную камеру, камеры атмосферного давления и переменного вакуума, обеспечивающий стабилизацию частоты пульсаций и величины вакуума под сосками вымени при доении коров. Патент РФ № 2824211 (ФГБОУ ВО РГАУ);

устройство для измерения корневых систем растений в полевых и лабораторных условиях, определяющее характер распределения в почве извлеченных корневых систем зерновых растений семейства злаковых, а также размеры почвенного пространства корневых систем. Патент РФ № 227557 (ФГБОУ ВО РГАУ);

пневматический распылитель для получения мелко-дисперсных капель и охлаждения в сельскохозяйственном производстве, позволяющий снизить энергоемкость диспергирования жидкости в сравнении с существующими распылителями и получать газожидкостный мелкодисперсный поток. Патент РФ № 223575 (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ);

устройство для извлечения перги из перговых сот до отдельных гранул и очистки их от восковых примесей, позволяющее повысить эффективность работы устройства за счет увеличения выхода цельных и чистых качественных перговых гранул при снижении их повреждаемости. Патент РФ № RU 2824568 (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ);

устройство для смешивания и транспортирования полужидких кормов по трубам, предназначенное для наглядной демонстрации в учебной лаборатории по кормораздаточным агрегатам и в научно-исследовательских центрах. Патент РФ № 229126 (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ);

пространственный смеситель барабанного типа с дифференциальным шестизвенным шарнирно-рычажным механизмом, обеспечивающий увеличение эффективности процесса смешения. Патент РФ № 2812926 (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ);

смеситель сыпучих кормов, обеспечивающий требуемое качество смешивания компонентов корма с высоким уровнем производительности установки. Патент РФ № 223960 (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ);

спирально-винтовая дробилка, обеспечивающая непрерывность процесса и качество дробления измельчаемого материала при повышении эффективности и производительности процесса дробления. Патент РФ № 230909 (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ);

измельчитель-смеситель кормов, обеспечивающий высокую эффективность технологического процесса по измельчению кормов при эксплуатационной надежности оборудования. Патент № 229533 (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ);

опытный образец измельчителя фуражного зерна, обеспечивающий равномерное распределение и прохождение в камере зернового материала. Патент РФ № 230337 (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ);

конструктивно-технологическая схема водяной воскотопки для переработки пчелиного воска, обеспечивающая автоматизированный процесс вытопки воска из рамок с воскосырьем за счет применения ленточного транспортера с максимальным выходом воска из сырья. Патент РФ № 227112 (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ);

ротор кустореза для осветления рядковых лесных культур с защитой от препятствий рубящих ножей с высокой эксплуатационной надежностью и долговечностью ножей и качественным измельчением кустарниковой

растительности. Патент РФ № 229930 (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ);

спирально-винтовой почвообрабатывающий каток, обеспечивающий надежность и качество технологических процессов интенсивного крошения почвы, уничтожения сорняков и снижение энергоемкости процесса обработки. Патент РФ № 225723 (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ);

ротационный почвообрабатывающий орган для внесения жидких и сыпучих удобрений, обеспечивающий совмещение операции безотвальной обработки с одновременной подкормкой почвы сыпучими и жидкими удобрениями. Патент РФ № 230908 (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ);

экспериментальный комбинированный сошник применительно к сеялке-культиватору СКП-2.1 для посева и разноуровневого внесения минеральных удобрений с разгребающим устройством и оборудованный телеметрической аппаратурой, обеспечивающий снижение тягового сопротивления сеялки-культиватора на 13 % в сравнении с контролем (при глубине посева 0,06 м и скорости 9 км/ч), раздельное полосное распределение семян в правую часть подлапового пространства, минеральных удобрений – в левую часть подлапового пространства. Урожайность зерна на делянках, засеянных экспериментальными сошниками, в сравнении с контрольным дало прибавку зерна 11 %, а экономическая эффективность использования сеялки, оборудованной комбинированными сошниками, составила 1265 096 руб/год в расчете на одну сеялку. Патент РФ № 224117 (ФГБНУ Омский АНЦ);

конструкция прицепного накопителя-питателя корнеклубнеплодов, позволяющая осуществлять более качественную их очистку от посторонних примесей, а также предусматривающая возвращение плодородного слоя почвы обратно на поля (ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ);

конструкция пневматического высевачающего аппарата, включающая вращающийся вакуумный барабан, установленный на полой цапфе с патрубком для присоединения к источнику разряжения и оборудованный присасывающими ниппелями, зону сбрасывания семян с минимальным зазором, обеспечивающая повышение качества посева семян сельскохозяйственных культур. Патент РФ № 224084 (ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ).

По разделу *«Технологии и автоматизированные средства технического сервиса, восстановления и повышения надежности техники, создание и применение нанотехнологий, поликомпозиционных и наноматериалов»* научные изыскания проводили ФНАЦ ВИМ, ФНЦ ЛК, ВНИИТиН, СФНЦА РАН, АНЦ Донской, ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои и др.

По результатам НИР в 2024 г. получена следующая научно-техническая продукция:

метод цифрового мониторинга по сбору информации о техническом состоянии МЭС с электронным блоком управления, обеспечивающий снижение финансовых затрат на 10...12 % при проведении диагностических операций (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

способ дистанционного диагностирования технического состояния ДВС энергонасыщенной техники с электронным блоком управления с использованием нейронных сетей, позволяющий получать параметры технического состояния основных узлов и агрегатов в онлайн-режиме, прогнозировать отказы, снизить простои техники до 17 % (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

технология восстановления деталей оборудования животноводства, работающего в агрессивной среде, наплавкой хромистыми вторичными электроэрозийно-

ными диспергированными материалами с легирующими присадками, обеспечивающая снижение себестоимости процесса на 10...20 % за счет рециклинга дорогих материалов (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

устройство для безразборной диагностики технического состояния механических КПП с гидравлической системой управления гидроподжимными муфтами энергонасыщенных тракторов и получения данных для проведения ремонтно-обслуживающих мероприятий и снижения риска отказов I–III групп сложности. Патент РФ № 2828999 (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

газоиспользующий парогенератор с плавным регулированием теплового потока по температуре смеси конденсата для снабжения группы потребителей паром (приготовление кормов, пищи, отопление, горячее водоснабжение) в личных подсобных, крестьянских хозяйствах со сроком окупаемости 1,1 года при годовом экономическом эффекте более 230 тыс. руб. (ФГБНУ ВНИИТиН);

рациональный состав наноразмерных добавок к моторному маслу, обеспечивающий повышение противоизносных и антифрикционных свойств масел с использованием углеродных и металлосодержащих наноматериалов, увеличение сроков службы сельскохозяйственной техники и снижение затрат на ее обслуживание до 20 %. Патент РФ № 2818564 (ФГБНУ ВНИИТиН);

технология утилизации и вторичного использования теплоты двигателя внутреннего сгорания в условиях Сибири (СибИМЭ СФНЦ РАН);

металлополимерный подшипник скольжения, включающий металлическую втулку с металлополимерной рабочей частью, обеспечивающий повышение долговечности узла трения за счет формирования винтовых поверхностей полимерной и металлической частей подшипника. Патент РФ № 229206 (РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева);

установка для упрочнения шнеков экструдеров диффузионным борированием в обматках нагревом токами высокой частоты, обеспечивающая увеличение ресурса работы шнека за счет получения износостойкого упрочняющего покрытия на его рабочей кромке. Патенты РФ № 2820894, 2024669388 (РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева);

программно-вычислительный комплекс «Сапфир», предназначенный для рационального распределения и контроля целевого использования производственных ресурсов в АПК. Патент РФ № 2024667321. (РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева);

программа для ЭВМ для составления баз данных и анализа наличия на складах запасных частей и контроля остатков, позволяющая сократить время деталей и в автоматическом режиме проводить статистический анализ изменений позиций на складе. Патент РФ № 2024661414 (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева);

программа для ЭВМ для построения графиков спроса дилерских автозапчастей с дальнейшим их исследованием, которая позволяет сократить время анализа потребности в запчастях. Патент РФ № 2024661400 (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева);

методика оценки тягового потенциала энергонасыщенных тракторов мощностью от 500 л.с., позволяющая сократить время получения расчетных тяговых характеристик энергонасыщенных тракторов и провести их сопоставление с аналогами по основным показателям (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева);

автоматическая система регулирования давления воздуха в шинах сельскохозяйственных тракторов для

изменения тягово-сцепных свойств колесного двигателя сельскохозяйственного трактора и давления на почву в зависимости от почвенно-климатических условий. Патент РФ № 2024137700 (РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева);

стенд для исследования прочности шнековых рабочих органов, позволяющий сократить процесс исследования путем имитации производственных условий работы. Заявка на патент № 2024135837 (РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева);

инновационное устройство для оценки технического состояния дозаторов газа. Патент на полезную модель RU 229118 (ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ);

программы для ЭВМ, обеспечивающие экспресс-расчет норм расхода топлива на транспортную работу. Патент РФ № 2024686883, № 2024669507 (ФГБОУ ВО РГАУ);

устройство для галтовки деталей и поверхностной, безразмерной обработки деталей, обеспечивающее снижение динамических нагрузок на его конструкцию, интенсификацию процесса обработки деталей и изготовления металлической порошковой смеси. Патент РФ № 2813522 (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ);

устройство для вибродиагностики КПП тракторов и автомобилей при обкатке, позволяющее повысить достоверность данных о работе подвижных сопряжений КПП по параметрам их предельных зазоров. Патент РФ № 57904 (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ);

устройство для электролитического нанесения покрытий методом натирания на внутренние цилиндрические поверхности, обеспечивающее стабильные условия для электролиза, устранение дендритообразования, максимальную прочность сцепления, повышение надежности и эффективность работы разработки. Патент РФ № 2715584 (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ);

комбинированная ванна для нанесения гальванических покрытий электролитическим натиранием, позволяющее применять высокую плотность тока на единицу площади детали и увеличить эффективность технологического процесса осаждения металла на поверхность. Патент РФ № 2811319 (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ);

устройство электролитического осаждения металлов с использованием роликовых анодов, обеспечивающее получение качественных износостойких покрытий при стабильном процессе электролиза. Патент РФ № 2769383 (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ);

устройство для полирования наружных цилиндрических поверхностей различного диаметра, позволяющее повысить производительность обработки наружных цилиндрических поверхностей за счет магнитных полирующих сегментов, плотно обхватывающих обрабатываемую. Патент РФ № 2827719 (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ).

Фундаментальные исследования, проведенные в 2024 году, позволили разработать:

автоматизированную машину для загрузки овощных культур и картофеля в хранилище/контейнеры, обеспечивающую повышение равномерности распределения корнеклубнеплодов по объему хранилища и в контейнерах при формировании требуемого контура загрузки исполнительными элементами цифровой системы автоматизированного контроля и управления. Позволяет повысить степень равномерности заполнения хранилищ продукцией террасным способом до 98...99 % при общем количестве потерь при хранении до 1 %. Патенты РФ № 224422, № 2024102303, № 2024612899 (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ).

универсальную систему (комплекс) машин для первичной переработки лубяных культур (технической ко-

нопли, льна-долгунца, льна масличного, джута и других лубяных культур в спутанной массе), осенней и весенней уборки в однотипное неориентированное волокно высокой степени очистки производительностью до 800 кг/ч при выходе волокна 28...35 % (ФНЦ ЛК);

высокопроизводительную машину вспушиватель лент льна ВЛН-3А для отрыва от земли и вспушивания лент льна, прибитых к почве дождями или проросших сорняками, с целью сохранения качества льнотресты в период вылежки стеблей льна, ускоряет их сушку в лентах и создает благоприятные условия для работы рулонных пресс-подборщиков, обеспечивает качественное вспушивание лент льнотресты на высокой скорости 17...25 км/ч. Заявка на патент РФ № 2024121441 (ФНЦ ЛК);

систему диагностики для управления техническим состоянием ДВС сельскохозяйственной техники, обеспечивающую оптимизацию ее работы в процессе эксплуатации путем контролирования параметров технического состояния машины, выявления на ранней стадии неисправностей и прогнозирования отказов в режиме реального времени и снижение затрат при проведении диагностических операций до 1,5 раза. Патент РФ № 2024615125 (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ).

К разработкам мирового уровня относится:

роботизированная платформа с манипулятором позволяет проводить технологическую операцию поточной уборки плодов яблони с использованием мехатронных систем затаривания контейнеров, обеспечивает уборку плодов семечковых культур в поточном режиме без участия человека. Система технического зрения на основе сверточной нейронной сети глубокого обучения позволяет распознавать и классифицировать плоды яблони на кроне дерева, определять их координаты в режиме реального времени Патент РФ № 2024688354 (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ).

Выводы. В целом по секции МЭиА ОСХН РАН повышение уровня научно-методической работы по обеспечению проведения научных исследований позволило в 2024 г. разработать 10 машинных технологий, 24 новые и усовершенствованные технологии, 41 технологический способ и прием, 58 машин, рабочих органов, приборов и оборудования. В целях совершенствования проведения исследований разработано 57 методов и методик, а также 29 комплекта нормативной документации. Научная и техническая новизна разработок защищена 94 патентами и авторскими свидетельствами. Передано для освоения в производство 18 технологий, 16 разработок.

По результатам научных исследований учеными в 2024 году изданы 9 книг и монографий, опубликовано 577 статей и размещены в базе данных РИНЦ, в том числе 406 в рецензируемых журналах ВАК, 38 – в реферативной базе научных публикаций Web of Science и 81 – в реферативной базе данных Scopus. По секции МЭиА Отделения сельскохозяйственных наук РАН международное научно-техническое сотрудничество осуществлялось с научными и образовательными учреждениями Китайской Народной Республики, Республики Индия, Республики Беларусь, Республики Казахстан, Республики Узбекистан.

В 2024 году ученые НИУ в отчетном году приняли участие в 65 конференциях, 12 выставках, 34 семинарах, 5 конгрессах. Научная продукция НИУ награждена 13 медалями (из которых 7 золотых, 6 серебряных медалей), дипломами и почетными грамотами. В рамках соглашений и договоров научные исследования проводились по широкому спектру направлений, в том числе в сфере инноваций и промышленного развития

технологий сельскохозяйственного оборудования, разработки и создания оригинальных технологий и технических средств, применения роботизированных машин, оборудования и цифровых систем для производства качественной сельскохозяйственной продукции.

На современном этапе развития АПК возникает необходимость цифрового профилирования научных учреждений, учитывающего количество и качество высококвалифицированных ученых и специалистов, оценку научно-технической материальной, современных лабораторий, наличие современных приборов и оборудования, позволяющего оценить возможности научного учреждения для проведения научных исследований на высоком научно-технологическом уровне. Цифровые коммуникации способствуют формированию карьерного роста современных молодых ученых и специалистов в сельском хозяйстве и способствуют расширению промышленной революции в сельскохозяйственной отрасли страны.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ.

Данная работа финансировалась за счет субсидий государственного задания. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ.

В данной работе отсутствуют исследования человека или животных.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ.

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Литература.

1. *Инновационные достижения агроинженерных научных учреждений в условиях развития цифровых систем в сельском хозяйстве* / Я. П. Лобачевский, Ю. Ф. Лачуга, А. Ю. Измайлов и др. // *Техника и оборудование для села*. 2024. № 5 (323). С. 2–8.
2. *Коротченя В. М., Ценч Ю. С., Лобачевский Я. П. Система машин как фактор научно-технического прогресса в агропромышленном комплексе. Российская сельскохозяйственная наука*. 2024. № 4. С. 67–72.
3. *Морозов Н. М., Кирсанов В. В., Ценч Ю. С. Историко-аналитическая оценка развития процессов автоматизации и роботизации в молочном животноводстве* // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2023. Т. 17. № 1. С. 11–18.
4. *Современные физические методы и технологии в сельском хозяйстве* / С. В. Гудков, Р. М. Саримов, М. Е. Асташев и др. // *Успехи физических наук*. 2024. Т. 194. № 2. С. 208–226.
5. *Monitoring of heracleum sosnowskyi manden using uav multisensors: case study in Moscow region, Russia* / R. K. Kurbanov, A. N. Dalevich, A. S. Dorokhov, et al. // *Agronomy*. 2024. Vol. 14. No. 10. P. 2451.
6. *Ценч Ю. С., Захарова Н. И. Тенденции развития технических средств аэрофотосъемки сельскохозяйственных земель* // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2023. Т. 17. № 3. С. 16–26.
7. *Черноиванов В. И., Толоконников Г. К. Новая парадигма назначения и проектирования аграрных машин и механизмов в рамках теории биомашинистем* // *Сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума «Современные инженерные проблемы ключевых отраслей экономики страны»*. Т. 1. М.: РГУ им. А. Н. Косыгина, 2024. С. 45–49.

8. Шогенов Ю. Х. Минимальное сознание растений – современные представления // Биомашсистемы. Т. 8. № 3. 2024. С. 252–257.
9. Концепция создания семейства сельскохозяйственных мобильных энергосредств с комплексами адаптивных машин и агрегатов до 2030 года / З. А. Годжаев, В. Г. Шевцов, А. Ю. Измайлов и др. М., 2024.
10. Коротченя В. М., Ценч Ю. С., Лобачевский Я. П. Разработка типажей сельскохозяйственных технологий для системы машин // Технический сервис машин. 2024. Т. 62. № 4. С. 136–148.
11. Shogenov Y. Kh., Shogenov A. Kh. Drying induction motor windings with zero-sequence current // Russian Electrical Engineering. 2021. Vol. 92. No. 4. P. 217–220. doi: 10.3103/S1068371221040064.
12. Strebkov D. S., Penjiyev A. M. Energy characteristics of spherical and cylindrical solar photovoltaic power plants on the surface of solar houses // Applied Solar Energy. 2022. Vol. 58. No. 6. P. 777–783.

Поступила в редакцию 16.04.2025

После доработки 12.05.2025

Принята к публикации 27.05.2025