

ТЕХНИКА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СЕЛА MACHINERY AND EQUIPMENT FOR RURAL AREA В НОМЕРЕ

Техническая политика в АПК

- Лобачевский Я.П., Лачуга Ю.Ф., Измайлов А.Ю., Шогенов Ю.Х.
Инновационные достижения агроинженерных научных учреждений в условиях
развития цифровых систем в сельском хозяйстве 2
Федоренко В.Ф. О концептуальных подходах развития природоподобных
технологий, предотвращающих деградацию сельскохозяйственных земель 10

Технико-технологическое оснащение АПК: проблемы и решения

- Кормоуборочный комбайн RSM F 1300: работает в соответствии
с агротехнологиями 14
Панферов Н.С., Тетерин В.С., Пехнов С.А., Овчинников А.Ю., Ляшук Ю.О.
Определение перспективной конструкции тукосмесительной установки
с использованием технологий компьютерного моделирования 16

Технологии, машины и оборудование для АПК

- Болоев П.А., Абидуев А.А., Пехутов А.С., Бодякина Т.В. Многорежимная
оптимизация газотурбинного наддува дизеля 22
Мкртчян С.Р., Игнатов В.Д., Федин М.А., Ростовцев Р.А., Попов Р.А.
Инновационная жатка для уборки технической конопли с очесом стеблей
на корню 25
Скорляков В.И., Ревенко В.Ю., Дулясова М.В. Давление на почву колес
бункеров-перегрузателей зерна 29
Тронеv С.В., Чаплыгин М.Е., Новиков А.И., Соколов Е.Г. Определение
точности результатов обработки проб мобильными сепараторами
при экспресс-оценке потерь зерна зерноуборочными комбайнами 33
Катаев Ю.В., Свиридов А.С., Славкина В.Э., Алехина Р.А., Шитов А.О.
Физико-механические характеристики диафрагм мембранно-поршневого
насоса из полиуретанового компаунда 37

Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение АПК

- Беляков М.В., Самарин Г.Н., Ефременков И.Ю. Исследование скисания
молока методом рамановского рассеяния 40

Аграрная экономика

- Королькова А.П., Маринченко Т.Е., Горячева А.В. Личные подсобные
хозяйства: состояние и меры поддержки их развития 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:

- 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки);
4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса (технические науки);
5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (экономические науки)

Редакция журнала:

141261, Московская обл., г.о. Пушкинский, рп. Правдинский, ул. Лесная, д. 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», 2024
Отпечатано в ФГБНУ «Росинформагротех»
Подписано в печать 24.05.24 Заказ 112

УДК 631

DOI: 10.33267/2072-9642-2024-5-2-8

Инновационные достижения агроинженерных научных учреждений в условиях развития цифровых систем в сельском хозяйстве

Я.П. Лобачевский,*д-р техн. наук, акад. РАН,
lobachevsky@yandex.ru***Ю.Ф. Лачуга,***д-р техн. наук, акад. РАН,
akadema1907@mail.ru
(ФГБУ РАН);***А.Ю. Измайлов,***д-р техн. наук, акад. РАН, директор,
vim@vim.ru
(ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);***Ю.Х. Шогенов,***д-р техн. наук, акад. РАН,
yh1961s@yandex.ru
(ФГБУ РАН)*

Аннотация. Представлены результаты научно-исследовательских работ, выполненных в 2023 г. научными учреждениями агроинженерного профиля Минобрнауки России, находящимися под научно-методическим руководством Отделения сельскохозяйственных наук Российской академии наук (РАН), по фундаментальным и прикладным исследованиям в области энергообеспечения, энергосбережения, возобновляемой и альтернативной энергетики в агропромышленном комплексе; развития энергоресурсосберегающих, экологически безопасных машинных технологий, роботизированной техники и цифровых систем для производства высококачественной и конкурентоспособной продукции растениеводства и животноводства; технологий и автоматизированных средств технического сервиса, восстановления и повышения надежности техники с применением нанотехнологий, поликомпозиционных и наноматериалов.

Ключевые слова: сельскохозяйственная техника, мобильные энергосредства, машинные технологии, цифровой двойник, электрические сети, электроснабжение, агроэкосистема, роботизированная техника, возобновляемая энергетика, технический сервис.

Постановка проблемы

Необходимость повышения конкурентоспособности продукции АПК обозначена на государственном уровне. Решение этой проблемы на современном этапе возможно только во взаимосвязи с приоритетными и перспективными направлениями научно-технологического развития Российской Федерации [1]. Преодоление технологических рисков в сфере продовольственной безопасности, вызванных отставанием в уровне технологического развития от производственной базы развитых стран [2, 3], подразумевает переход к высокопродуктивному и экологически чистому производству качественной сельскохозяйственной продукции с применением передовых машинных технологий, разработкой и внедрением в аграрную отрасль современных цифровых технологий,

роботизированных систем, возобновляемой и ресурсосберегающей энергетики [4-7].

Появление высокотехнологичной научно-технической продукции для сельскохозяйственной отрасли зависит от качества проводимых научных исследований и эффективности творческой работы ученых, конструкторов и специалистов агроинженерного профиля, результатов междисциплинарных научных исследований с участием ведущих ученых смежных научных направлений [8-10]. Научные учреждения агроинженерного профиля Минобрнауки России под научно-методическим руководством Отделения сельскохозяйственных наук РАН (ОСХН РАН) [11] выполняли научно-исследовательскую работу в соответствии с Программой фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021-2030 гг.) по пунктам 4.1.5.1, 4.1.5.2 и 4.1.5.3 раздела 4.1.5, приоритетными направлениями СНТР РФ и ФНТП развития сельского хозяйства.

Цель исследований – анализ научно-технических результатов исследований за 2023 г. в части пунктов 4.1.5.1., 4.1.5.2., 4.1.5.3. раздела 4.1.5. (механизация, электрификация и автоматизация сельскохозяйственного производства) по направлению 4.1 Программы фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021-2030 гг.) (далее – Программа).

Материалы и методы исследования

В 2023 г. научно-исследовательскую работу по пунктам 4.1.5.1, 4.1.5.2, 4.1.5.3. направления фундаментальных и поисковых научных исследований 4.1.5 раздела (направление науки) 4.1 «Сельское хозяйство, лесное хозяйство, рыбное хозяйство» Программы фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021-2030 гг.) выполняли 5 федеральных государственных бюджетных научных учреждений, подведомственных Минобрнауки России (ФНАЦ ВИМ, ФНЦ ЛК, ВНИИТИН, СФНЦА РАН, АНЦ «Донской») с участием 460 научных работников (исследователей), в том числе 67 докторов и 143 кандидатов наук, 12 академиков и 8 членов-корреспондентов РАН. За отчетный период количество молодых специалистов в возрасте до 39 лет составило 213 человек, или 46,3 % общего числа исследователей, что почти на 9 % выше, чем за предыдущий отчетный период.

Научные изыскания проводились с использованием современных приборов, оборудования и технических средств, обновленной исследовательской инфраструктуры в соответствии с существующими методиками постановки и проведения теоретических, научно-прикладных и прикладных работ

для получения научных результатов (согласно выполнению тематик научных планов) по научным направлениям, в том числе междисциплинарным научным исследованиям и разработкам в области сельского хозяйства.

Результаты НИР были представлены научными учреждениями в виде отчетов согласно существующим требованиям и нормативам в соответствии с 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 России и Минсельхоза России, в том числе электронные информационные ресурсы, которые создаются и ведутся в ФГБНУ «Росинформагротех», публикации ведущих ученых и специалистов отрасли по тематике исследований.

В целом по секции механизации, электрификации и автоматизации ОСХН РАН повышение уровня научно-методической работы по обеспечению проведения научных исследований позволило в 2023 г. разработать 12 машинных технологий, 29 новых и усовершенствованных технологий, 46 технологических способов и приемов, 65 машин, рабочих органов, приборов и оборудования. В целях совершенствования проведения исследований разработано 64 метода и методики, а также 44 комплекта нормативной документации. Научная и техническая новизна разработок защищена 110 патентами и авторскими свидетельствами. Передано для освоения в производство 17 технологий, 14 разработок.

По результатам научных исследований учеными в 2023 г. издано 11 книг и монографий, опубликовано 785 статей, которые размещены в базе данных РИНЦ, в том числе 457 – в рецензируемых журналах ВАК, 56 – в реферативной базе научных публикаций Web of Science и 109 – реферативной базе данных Scopus.

В 2023 г. ученые НИУ приняли участие в 68 конференциях, 15 выставках, 32 семинарах, 7 конгрессах. Научная продукция НИУ награждена 19 медалями (10 золотых, 6 серебряных, 3 бронзовых), дипломами и почетными грамотами.

В 2023 г., несмотря на существующие ограничения, по секции механизации, электрификации и автоматизации Отделения сельскохозяйственных наук РАН международное научно-техническое сотрудничество осуществлялось с научными и образовательными учреждениями Китайской Народной Республики, Республики Индия, Монгольской Народной Республики, республик Беларусь, Казахстан, Узбекистан, Таджикистан и Азербайджан, Австралийского Союза и Германии. 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.

Результаты исследований и обсуждение

По разделу 4.1.5 «Механизация, электрификация и автоматизация сельскохозяйственного производства» Программы продолжены работы по исследованию процессов энергообеспечения, энергоресурсосбережения, возобновляемых и альтернативных источников энергии,

а также разработке экологически безопасных машинных технологий, роботизированной техники и цифровых систем для производства конкурентоспособной сельскохозяйственной продукции.

По пункту 4.1.5.1 **«Развитие энергообеспечения, энергосбережения, возобновляемой и альтернативной энергетики в агропромышленном комплексе Российской Федерации»** Программы исследования в основном выполняли бюджетные научные учреждения (ФНАЦ ВИМ, ФНЦ ЛК, ВНИИТиН, СФНЦА РАН, АНЦ «Донской» и др.), подведомственные Минобрнауки России и Минсельхозу России.

Результаты фундаментальных исследований, проведенных в 2023 г. с использованием наработок предыдущих лет, позволили разработать следующую научно-техническую продукцию:

- утилизатор теплоты вентиляционного воздуха на тепловых трубах, позволяющий в 1,9-2,1 раза уменьшить площадь теплообменной поверхности и габаритные размеры теплоутилизатора при той же теплопроизводительности. Патент России № 2803682 (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- методика теплоэнергетического и конструкционного расчета энергоэффективных электрических теплоаккумуляционных обогревателей для помещений АПК, позволяющая проектировать электрические теплоаккумулирующие обогреватели установленного типоразмерного ряда (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- методика для прогнозирования вероятности отказов в сельских электрических сетях с учётом сезонов по месяцам и времени суток (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- методика резервирования мощности используемых групп электроприёмников по критериям достаточного количества контактных групп и соответствия требованиям технических характеристик, обеспечивающая выбор и обоснование параметров устройств сезонного резервирования в зависимости от количества групп электроприёмников по признакам одновременности и времени участия в технологическом процессе (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- способ сокращения потерь электроэнергии в электрической сети, содержащей фотоэлектрическую установку (ФЭУ), путем замены одного трансформатора на два меньшей мощности. Это обеспечивает снижение потерь электроэнергии на 8-38 % без подключения к трансформаторной подстанции ФЭУ и на 10-41 % – при ее подключении (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- структурная схема пунктов секционирования, совмещённых с пунктами ступенчатого регулирования напряжения (ПСРН) и методика выбора мест установки ПСРН, обеспечивающие сокращение затрат до 2-3 раз по сравнению с применением вольтодобавочных трансформаторов, нормированное качество электроэнергии в линиях электропередачи 0,4 кВ с завышенной длиной и повышение надёжности электроснабжения сельских потребителей секционированием (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- схемы и устройство деления электрической сети, методика выбора мест его установки в линиях электроснабжения, обеспечивающие учёт критериев чувствительности защиты к однофазным коротким замыканиям, надёжности и допустимых отклонений напряжения (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- компьютерная программа «Расчёт параметров электрической сети 0,4 кВ» для выполнения расчётов мощ-

ности трансформаторов с учетом сечения проводов линий электропередачи, электрической нагрузки на участках сети, потерь напряжения и токов на участках сети. Патент РФ № 2023611564 (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- метод повышения эксплуатационной надёжности электрооборудования, электрической сети сельскохозяйственно-го предприятия с инновационной акустической диагностикой обрыва проводов (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- техническое решение для роста энергоэффективности процесса предварительной обработки органических отходов АПК в аппарате вихревого слоя перед анаэробной переработкой, основанное на рекуперации тепловой энергии образующихся ферромагнитных частиц с помощью компрессионного теплового насоса, для снижения затрат энергии на предварительный нагрев субстрата на 10 % (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- параметры и режимы светодиодного освещения шпината в закрытых агроэкосистемах для максимальной продуктивности культуры при минимальных энергетических затратах. Патенты РФ № 2739604, 2021614662 (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- конструктивно-технологическая схема доильного аппарата с функцией ранней диагностики воспалительного процесса в четвертях вымени на мастит на базе критериальной оценки функционального состояния путем контроля электрической проводимости молока (ФАНЦ НИИСХ Северо-Востока);

- энергосберегающая климатическая установка для животноводства, обеспечивающая двукратное снижение установленной мощности отопительного оборудования, а также экономию годовых затрат на отопление до 80%. Патенты РФ № 2627199, 200970, 214992 (РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева);

- система изменения вектора потока приточного воздуха в климатическом оборудовании для равномерного распределения воздуха в помещении. Патент РФ № 211350 (РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева);

- техническое решение по сохранению работоспособности воздушных рекуператоров в условиях низких температур (ниже -7–10°C). Патенты № 212349, 210036, 212350, 2632230, 2640898 (РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева);

- СВЧ-установка для раздельных процессов дефростации и разогрева молочива с изменяющимся агрегатным состоянием. Патенты РФ № 2761810, 2762645, 2775137, 2777113, 2779598, 2780835 (РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева);

- СВЧ-установка для сушки абрикосов и ядер подсолнечника, включающая в себя осциллирующий режим с регенерацией тепла. Обеспечивает повышение эффективности и уменьшение времени консервации продуктов при снижении энергопотребления на производство единицы продукции на 6,5 кВт (энергозатраты 70 кВт). Патент РФ № 202175 (РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева);

- технология переработки органических отходов с получением биогаза (до 15,1 м³ в сутки) и биоудобрений с последующим разделением его на твердую и жидкую фракции с помощью биореактора (3,5 м³). Снижает суммарные затраты тепла на подогрев и поддержание заданной температуры при использовании совмещенного теплообменника и мешалки (до 25-30%). Патент РФ № 152918 (ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский ГАУ»);

- способ сверхвысокочастотной тепловой и нетепловой обработки сырья для снижения удельного энергопотребления на единицу обрабатываемого материала путем

непрерывной сверхвысокочастотной тепловой и нетепловой обработки сельскохозяйственных материалов. Патент № 2794529 (ФГБОУ ВО «Башкирский ГАУ»);

- сверхвысокочастотная электроустановка с рабочей камерой гибридного типа, обеспечивающая повышение энергоэффективности путем одновременной тепловой обработки пиломатериалов и нетепловой обработки полипропиленовых нитей. Патент РФ № 2797552 (ФГБОУ ВО «Башкирский ГАУ»);

- установка для сушки пиломатериалов, повышающая качество древесины и снижающая энергозатраты путем более равномерного распределения электромагнитного поля. Повышает эффект принудительного воздухообмена в камере, повторно использует горячий воздух для подогрева материала, выбор режимов сушки с включением магнетронов. Патент РФ № 220459 (ФГБОУ ВО «Башкирский ГАУ»);

- ультразвуковой смеситель-гомогенизатор для повышения степени однородности многокомпонентных рабочих растворов из трудносмешиваемых между собой компонентов. Патент РФ № 216147 (ФГБОУ ВО «Башкирский ГАУ»);

- установка для одновременной тепловой и нетепловой обработки материалов СВЧ-полем с рациональным использованием ЭМП-магнетронов. Патент РФ № 220458 (ФГБОУ ВО «Башкирский ГАУ»);

- установка для сушки зерна с упрощенным приводом, повышающим надежность и эффективность процесса сушки. Патент РФ № 217783 (ФГБОУ ВО «Башкирский ГАУ»);

- газификационная установка с улучшенными экологическими показателями по эмиссии парниковых газов на технологические нужды сельхозпредприятий, использующая в качестве сырья продукты жизнедеятельности сельскохозяйственной птицы с получением минеральных удобрений. Снижает риски отключения объектов I категории от энергоснабжения. Патент РФ № 2754911 (ФГБОУ ВО «Казанский ГАУ»);

- биогазовая установка для получения качественного биоудобрения за счет обеспечения оптимальной температуры и равномерного перемешивания по всему объему резервуара. Выработка биогаза выросла на 33 % по сравнению с аналогами. Патент № 2796354 (ФГБОУ ВО «Казанский ГАУ»);

- экспериментальная биогазовая установка с нагревательным элементом (рабочая температура 55 °C) и мешалкой рамного типа в реакторе для равномерного распределения метанобразующих бактерий в объеме реактора и максимального выхода биогаза. Патент № 150764 (ФГБОУ ВО «Казанский ГАУ»);

- камера магнитной обработки посевного материала с направляющим устройством и сменными магнитными модулями. Обеспечивает омагничивание семян, клубней и других сыпучих посадочных материалов и регулировку по времени нахождения в заданных точках магнитного поля. Патент РФ № 215979 (ФГБОУ ВО РГАУ);

- цифровая система оценки эффективности активаторов обеззараживания с учетом стоимости базового и проектируемого активаторов, тарифов на электроэнергию. Позволяет рассчитать основные и дополнительные капиталовложения, годовые эксплуатационные издержки, чистый дисконтированный доход, статический и динамический сроки окупаемости. Патент РФ № 2023685238 (ФГБОУ ВО РГАУ);

- способ подготовки семенного картофеля к посадке с обработкой этиленом и наночастицами оксида меди. Обеспечивает ускорение набора биомассы ростков и корешков

(проростков) клубней по сравнению с контрольными на 36,9 и 27 % соответственно. Патент РФ № 2790577 (ФГБОУ ВО РГАТУ).

По пункту 4.1.5.2. **«Энергоресурсосберегающие экологически безопасные машинные технологии, роботизированная техника и цифровые системы для производства высококачественной сельскохозяйственной продукции»** Программы исследования в основном выполняли бюджетные научные учреждения (ФНАЦ ВИМ, ФНЦ ЛК, ВНИИТИН, СФНЦА РАН, АНЦ «Донской», ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои и др.), подведомственные Минобрнауки России и Минсельхозу России.

Фундаментальные исследования, проведенные в 2023 г. с использованием наработок предыдущих лет, позволили разработать следующую научно-техническую продукцию:

- методология оценки влияния уровня автоматизации управления сельхозтехникой на производительность труда оператора и определения количества контролируемых одним оператором беспилотных средств. По оценке затрат времени оператора сельскохозяйственного агрегата определяет уровень автоматизации управления и возможность одновременного управления несколькими беспилотными агрегатами (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- имитационная математическая модель выполнения транспортных работ электрическим транспортным средством в селекции и семеноводстве зерновых культур с обоснованием его оптимальных тягово-скоростных и энергетически-экономических параметров (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- методика создания цифровых двойников высокотехнологичных рабочих органов сельхозмашин, почвенной среды и биообъектов для оптимизации их использования, прогнозирования ресурса рабочих органов и качества обработки почвы (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- алгоритмы работы цифровой системы идентификации зараженных растений картофеля и овощных культур для автоматизированного определения координат расположения центра клубневого гнезда картофеля (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- алгоритм автоматизированного движения роботизированного комплекса машин для закладки на хранение овощных культур и картофеля. Обеспечивает формирование массива точек сканируемой поверхности в автоматическом режиме с последующим определением наличия / отсутствия препятствий и определением необходимости зарядки аккумуляторных батарей привода роботизированной машины (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- закономерности идентификации зараженных растений картофеля и овощных культур цифровой системой автоматизированного устройства для удаления зараженных биологических объектов (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- параметры и режимы работы роботизированного касетного устройства карусельного типа. Способствуют повышению производительности труда на посеве до 1,5 раз, сокращению сроков выведения новых сортов зерновых культур. Патенты РФ № 2789549, 2788731 (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- способы подачи агента сушки при обработке зерна крупносемянных культур. Позволяют ускорить обмен влаги в зерновом слое, сократить продолжительность сушки и повысить качество обработки. Патент РФ № 2802479 (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- структурные модели технологического процесса дегидратации для ускорения процесса сушки зерна,

снижения теплотер, повышения энергоэффективности дегидратационной установки (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- устройство для определения степени зараженности семенного фонда на основе люминесцентных параметров семян пшеницы и ячменя ЛЮМ ВИМ-1. Очистка семенного материала с использованием высокочувствительных спектральных методов способствует повышению сохранности и качества семенного фонда (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- алгоритм и программное обеспечение управления продуктивностью растений с использованием стеблевых датчиков сокодвижения для отслеживания стресса растений и внесения корректировок в условия их роста. Патент РФ № 2023669877 (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- модель прогнозирования выбросов климатически активных газов для технологий содержания крупного рогатого скота, свиней и птицы. Позволяет оценить состояние и составить прогноз величины выбросов климатически активных газов. Патент РФ № 2023623756 (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- модель прогнозирования выбросов климатических активных газов для технологий сбора, хранения и переработки отходов животноводства. Обеспечивает оперативность и качество проводимых расчетов. Патент РФ № 2023621601 (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- методика определения коэффициентов влияния сезонных и технологических факторов на динамику поступления азота и фосфора в водные объекты для планирования технологических мероприятий по снижению диффузной нагрузки на них (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- технологическое решение очистки газовых выбросов, образующихся при интенсивных технологиях переработки побочной продукции животноводства, с цифровой системой контроля технологического процесса и степени очистки (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- технико-технологические решения вторичного использования стоков молочных ферм. Способствуют сокращению использования чистой воды на выполнение технологических операций до 20-25 % в расчете на голову (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- модель цифрового устройства для функциональной диагностики растений, позволяющая провести экспресс-оценку бесконтактным способом при экологическом мониторинге. Патенты РФ № 219511, 219512 (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- алгоритм управления искусственной агроэкосистемой, применение которой способствует более эффективной утилизации стоков и выбросов животноводческих ферм. Повышает интенсивность производственного процесса в автоматическом режиме (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- программно-аппаратный комплекс для мониторинга промышленных насаждений, выявления очагов распространения заболеваний растений, подсчета количества плодов и обеспечивающий сокращение производственных затрат на 15-20 % (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- алгоритм обработки изображений с использованием сверточных нейросетевых технологий и морфологического анализа, обеспечивающий точность распознавания биообъектов не менее 94 % (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- опытный образец роботизированного гидронеуматического иньектора для внутрпочвенной подкормки многолетних культур, повышающий производительность технологических процессов в 1,5 раза и снижающий расход препаратов для подкормки многолетних насаждений до 20-25%. Патент РФ № 2794786 (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- способ внесения рабочих жидкостных растворов питательных веществ в корневую систему многолетних культур на глубину корнеобитаемого слоя (до 60 см) с помощью инжектора. Патент РФ № 2802309 (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- способ определения гребнистости почвы с использованием БПЛА, обеспечивающий сокращение энергоресурсов при проведении контроля выполнения качества вспашки (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- метод прогнозирования содержания жира в семенах сои по данным мультиспектральной съемки. Позволяет оценивать селекционные делянки растений в течение вегетационного сезона и сократить время при изучении фенотипов новых сортов (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- методика определения агротехнологических и физико-механических свойств почвы с использованием БПЛА, обеспечивающая снижение времени оперативной оценки качества технологических операций до 47 % (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- конструктивно-технологическая схема и опытный образец вспушвателя лент льна с поперечно-продольным копированием рельефа поля. Обеспечивает работу на высокой скорости (15-25 км/ч), повышенную производительность (на 50%) и качество выполнения технологического процесса (ФГБНУ ФНЦ ЛК);

- научно обоснованные конструкционные параметры и режимы работы секции теребильного аппарата с поперечными ленточно-дисковыми ручьями. Способствуют увеличению выхода длинного волокна на 1,3 % и его среднего номера на 0,25 ед. (ФГБНУ ФНЦ ЛК);

- параметры и режимы работы однороторной очесывающей жатки с чистотой очеса стеблей льна на корню не менее 98%, подачей очесанного вороха на обмолот с минимальными потерями (менее 3%) и повреждением семян менее 1 % (ФГБНУ ФНЦ ЛК);

- конструктивно-технологическая схема, параметры и режимы работы очесывающего устройства для семенных коробочек льна в технологических линиях льнозаводов. Снижает потери семян на 10 % и энергоемкость процесса уборки льна-долгунца на 8 % (ФГБНУ ФНЦ ЛК);

- научно обоснованные параметры устройства для измельчения стеблей технической конопли на отрезки заданной длины с пропускной способностью измельчающего аппарата 5,4 кг/с (ФГБНУ ФНЦ ЛК);

- конструкторская документация макетного образца измельчителя-разбрасывателя для очищения полей от растительных остатков лубяных культур (ФГБНУ ФНЦ ЛК);

- усовершенствованный аппаратно-программный комплекс определения разрывной нагрузки натуральных волокон с диапазоном измерений до 50 кгс и формированием отчетной документации в режиме онлайн (ФГБНУ ФНЦ ЛК);

- опытный образец автоматизированного прибора для определения гибкости натуральных волокон. Обеспечивает высокую точность измерений (погрешность ± 1 мм) и снижает трудозатрат до 50 % (ФГБНУ ФНЦ ЛК);

- программное обеспечение и макетный образец счетчика семян для селекции мелкосемянных культур. Увеличивает точность подсчета и высокую производительность работы (ФГБНУ ФНЦ ЛК);

- программное обеспечение и макетный образец влагомера для измерения влажности льнотресты в ленте с высокой точностью замеров и автоматизацией данного процесса замеров (ФГБНУ ФНЦ ЛК);

- технология сушки семян мелкосемянных культур в многосторонних и встречных потоках теплоносителя. Повышает производительность сушки в 1,3-2 раза при снижении расхода топлива и электроэнергии (ФГБНУ ФНЦ ЛК);

- номенклатурный состав технических средств коноплесющих предприятий для выращивания технической конопли, обеспечивающих повышение производительности на 30 % (ФГБНУ ФНЦ ЛК);

- конструктивно-технологическая схема, параметры и режимы работы инновационной машины конвективной сушки льнотресты для производства однотипного волокна. Экономит до 50 % энергозатрат на сушку (ФГБНУ ФНЦ ЛК);

- усовершенствованная мяльно-трепальная однопроцессная двухручьева машина для первичной переработки льнотресты в длинное льноволокно. Выход длинного волокна увеличивается в 1,5-2 раза (ФГБНУ ФНЦ ЛК);

- линия по переработке тресты масличного льна в волокно, параметры и режимы её работы. Повышает экономическую эффективность переработки со сроком окупаемости до 6 лет (ФГБНУ ФНЦ ЛК);

- конструктивно-технологическая схема машины для измельчения растительных остатков льна масличного в поле с обоснованием параметров и режимов ее работы. Повышает экологическую безопасность производства (ФГБНУ ФНЦ ЛК);

- научно обоснованный процесс промышленного производства гидроколлоидов из семян льна для получения инновационных ингредиентов и расширения ассортимента продуктов здорового питания (ФГБНУ ФНЦ ЛК);

- компонентные составы для производства хлебобучочных изделий с добавлением продуктов переработки семян льна и конопли. Увеличивает на 15-30 % содержание макронутриентов (ФГБНУ ФНЦ ЛК);

- методы получения целлюлозосодержащих продуктов из конопляной лузги с высокими водо- и жиросодержащими способностями. Позволяют использовать отходы переработки конопли для производства продуктов питания различного назначения (ФГБНУ ФНЦ ЛК);

- метод комплексной оценки качества кормов с использованием обобщенной функции желательности Харрингтона и состав зерновой смеси для дойных коров. Способствуют ограничению использования лекарственных препаратов, повышению среднесуточных приростов живой массы и удоя лактирующих коров (до 3,7%), массовой доли жира в молоке (на 12,1 %), рентабельности выращивания телят (на 2,4%). Патенты РФ № 2789343, 2802193 (ФГБНУ ВНИИТИН);

- научно обоснованные параметры модернизированных технических средств в машинных технологиях при возделывании сои. Увеличивают надежность передачи данных, обеспечивая длительную автономную работу в полевых условиях. Патент РФ № 2797875. Патенты РФ на полезную модель № 218119, 218781, 218769 (ФГБНУ ВНИИТИН);

- параметры технологии подработки зерна с элементами автоуправления качеством процесса. Способствуют снижению потерь зерна на 20-30 % и повышению степени выделения примесей на 15-20%. Патент РФ № 2791933 (ФГБНУ ВНИИТИН);

- программное обеспечение и модель оценки потерь зерна при комбайновой уборке сои с высокой эффективностью (1500-2000 руб/га). Патент РФ № 2023615437 (ФГБНУ ВНИИТИН);

● программные продукты для качественной оценки пунтирно-гнездового посева и распределения семян, управления испытательным стендом по определению качественных параметров высевочных аппаратов электрифицированной сеялки и посевным агрегатом. Патенты РФ № 2023668790, 2023669350, 2023669410, 2023669408 (ФГБНУ ВНИИТИН);

● конструкция сошниковой группы дернинной сеялки на базе параллелограммного механизма подвеса с поводками в виде прицепов пружин кручения и ее опытный образец. Обеспечивает высев семян трав с высокой равномерностью распределения по ширине обработанной полосы почвы при стабильной глубине заделки. Патенты РФ № 2641073, 2772128, 2608224, 2679700, 192093 (ФАНЦ НИИСХ Северо-Востока);

● экспериментальный образец клеверотерки-скарификатора КС-0,3П с пневмосепаратором производительностью 0,3-0,4 т/ч для выделения из пыжины 100 % тяжелых примесей, не менее 30 % легких примесей при потерях полноценных семян в отходы не более 1 %. Патенты РФ № 2722099, 2735076 (ФАНЦ НИИСХ Северо-Востока);

● опытный образец установки для получения патоки производительностью 1 т за цикл с пассивным гидродинамическим кавитатором и насосной станцией СМ 80-50-200/2. Способствует получению зерновой патоки с содержанием каротина 7 мг/кг и повышенным на 17 % содержанием кальция с использованием компонентов древесной муки и хвойной лапки. Патенты РФ № 2800614, 2803540 (ФАНЦ НИИСХ Северо-Востока);

● опытный образец смесителя рассыпных комбикормов вместимостью 0,3 м³. Патенты РФ № 2789548, 279265 (ФАНЦ НИИСХ Северо-Востока);

● эффективная структура и состав перспективных технических средств для производства комбикормов в сельхозпредприятиях региона с различным поголовьем крупного рогатого скота. Патенты РФ № 2805857, 2805858, 2023610916 (ФАНЦ НИИСХ Северо-Востока);

● конструкция пневматического молотильного устройства для обмолачивания зерновых культур при селекционной работе. Обеспечивает полное выделение из колосьев всех зерен, отсутствие дробления и снижение травмирования зерна при скорости воздушного потока 40 м/с. Патент РФ № 2788011 (АНЦ «Донской»);

● роторный гранулятор для получения из влажных материалов гранул корма малого диаметра и заданной длины с предотвращением их повреждения на выходе из матрицы. Способствует росту производительности и эффективности приготовления кормов для мальков рыб в аквакультуре. Патент РФ № 218265 (АНЦ «Донской»);

● тяговый гусеничный модуль с изменяемой площадью контакта для колесного трактора с целью управления тягово-сцепными свойствами и уплотняющим воздействием на почву при работе трактора в различных почвенно-климатических условиях. Заявка № 2023129794 (ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева»);

● технология производства стимулятора роста с микроэлементами В, Си для выращивания клубневых культур. Патент РФ № 2787029 (ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева»);

● экспериментальный образец платформы для сбора яблок и обрезки деревьев «Русский челнок» (ФГБОУ ВО «Мичуринский ГАУ»);

● экспериментальные образцы пневматических высевочных аппаратов барабанного типа для универсальных

пропашных сеялок. Способствуют снижению эксплуатационных затрат, потерь посевного материала, повышают производительность посевного комплекса и контроль качества высева в режиме реального времени. Патенты РФ № 207573, 207950, 214579 (ФГБОУ ВО «Мичуринский ГАУ»);

● технология обеззараживания подстилочного помета для получения экологически чистого органического удобрения с классом опасности IV-V и сокращения времени обеззараживания с 8 суток до 2-3 ч. Патент РФ № 2728394, 212510, 212509 (ФГБОУ ВО «Мичуринский ГАУ»);

● интерактивная специализированная нормативно-справочная база данных «Посевная техника для пропашных и овощных культур» по конструкционным особенностям узлов и агрегатов (ФГБОУ ВО «Мичуринский ГАУ»);

● технология сушки плодов рябины, шиповника и боярышника с использованием вибросушилки в вибрирующем слое конвейерной барабанной сушилки с предварительной паротермической обработкой плодов. Патент РФ № 212469 (ФГБОУ ВО «Мичуринский ГАУ»);

● способы и технические средства интенсификации процессов сушки растительных материалов для повышения эффективности удаления влаги (ФГБОУ ВО «Мичуринский ГАУ»);

● технология и технические средства защиты многолетних плодовых насаждений от атмосферных засух и суховеев, технические средства синхронного импульсного дождевания с непрерывной водоподачей в соответствии с ходом водопотребления плодовых культур в освежительно-увлажнительных режимах. Обеспечивает создание устойчивого микроклимата над орошаемым участком, поддержание влажности почвы на уровне 75 НВ, понижение температуры воздуха на 2-4 °С, повышение относительной влажности воздуха на 10-18 %, а также прибавку урожая плодов яблони до 5,8-6,7 т/га, груши – 5,4-7,6 т/га. Патенты РФ № 2263549, 58856, 77133 (ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский ГАУ»);

● технология и техническое средство мелкодисперсного дождевания многолетних плодовых насаждений на склоновых землях с комбинированной установкой для внесения макро- и микроудобрений и химических средств защиты с поливной водой, обеспечивающие сокращение стоимости обработки на 1 га до 8,3 раза. Управление переключением установки осуществляется автоматически с реверсом с помощью дистанционного пульта управления. Патенты РФ № 2141194, 58848 (ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский ГАУ»);

● интеллектуальная система сегментации рынка органических отходов АПК для аналитико-экономической оценки эффективности решений утилизации бесподстилочного навоза на основе сбора и сегментации данных из выбранных источников. Патент РФ № 2023682616 (ФГБОУ ВО РГАУ);

● технология мульчирования травяной растительностью приштамбовой зоны и в рядах плодовых насаждений, включая косилку для окашивания штамбов плодовых деревьев и агрегат для ухода за междурядьями и пристовольными полосами. Повышает содержание продуктивной влаги в почве в среднем на 45%. Патенты РФ № 170119, 2650409, 178374, 189588 (ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский ГАУ»);

● технология плющения травяной растительности на полотно террасы с агрегатом для плющения растительности на корню. Снижает сток с полотна террасы до 4,4-10,7 раз, смыв почвы – до 10 раз, улучшает водно-физические свойства и плодородия почвы. Патент РФ № 1655341 (ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский ГАУ»);

● технология и технические устройства для аэрозольной дезинфекции помещений и оборудования сельхоз назначения с использованием новых распылителей термомеханического типа. Обеспечивают равномерность распыления и снижение расхода дезинфицирующей жидкости. Патенты РФ № 88079, 123475, 119264, 216451 (ФГБОУ ВО «Казанский ГАУ»);

● технологические рекомендации по обработке и обеззараживанию отходов сельхозпроизводства препаратом Мефосфон в разработанном метантенке барботажного типа, обеспечивающие повышение эффективности работы биогазовой установки. Патент РФ № 208815 (ФГБОУ ВО «Казанский ГАУ»);

● каток почвообрабатывающий к культиватору для полосовой технологии, обеспечивает надежность технологического процесса и исключение забивания почвенными комками междискового пространства внутреннего цилиндра. Патент № 216159 (ФГБОУ ВО «Башкирский ГАУ»);

● виброцентробежный сепаратор с линейным электроприводом, обеспечивающий колебательное движение рабочего органа в вертикальной плоскости и повышение технологических показателей установки. Патенты РФ № 2790374, 2801510, 219907, 2806517 (ФГБОУ ВО «Башкирский ГАУ»);

● скарификатор, включающий в себя электродвигатель привода скарифицирующего и разбрасывающего роторов с возможностью изменения частоты вращения. Обеспечивает повышение качества скарификации и снижение повреждаемости семян бобовых культур. Патент № 2795706 (ФГБОУ ВО «Башкирский ГАУ»);

● посевной агрегат и бункер посевного комплекса. Перераспределяет массу бункера с семенами и удобрениями между его колесами и трактором, оптимизирует коэффициент сопротивления качению колес агрегата и давление на почву колес бункера. Патент № 219350 (ФГБОУ ВО «Башкирский ГАУ»);

● устройство центробежно-решетного сепаратора. Обеспечивает совершенствование конструкции привода и повышает показатели надежности установки со снижением ее металлоемкости. Патент № 2803493 (ФГБОУ ВО «Башкирский ГАУ»);

● культиваторная лапа ломаного профиля для уменьшения количества стоек на культиваторе. Улучшает качество крошения почвы, снижает материалоемкость и энергоёмкость процесса. Патент № 2809711 (ФГБОУ ВО «Башкирский ГАУ»);

● культиватор-удобритель (опытный образец на базе КПС-4) для утилизации соломы в качестве удобрения. Ускоряет процесс разложения растительных остатков в почве до 85 % с последующей прибавкой в урожайности культур до 15 % (ФГБОУ ВО РГАТУ);

● контейнер для хранения картофеля. Повышает эффективность циркуляции воздуха через ворох, создавая требуемый микроклимат (2-4°С) и увеличивая сохранность картофеля на 5-7%. Патент РФ № 222055 (ФГБОУ ВО РГАТУ);

● картофелекопатель с экспериментальным рабочим органом (рыхлителем) на тяжелых суглинистых почвах. Снижает потери клубней картофеля на 1,3%. Патент РФ № 213875 (ФГБОУ ВО РГАТУ);

● измельчитель-мульчировщик с подвижным разравнивателем (производительность – 14,4 га/ч, расход топлива с МТЗ-82 – 2,5 кг/га, ширина разбрасывания измельченной растительной массы – 5,8 м). Равномерно распределяет

измельченную массу по поверхности поля (до 80%), повышает качество измельчения (на 25%), ускоряет разложение растительных остатков в почве. Экономическая эффективность процесса – до 359 руб/га. Патент РФ № 216630 (ФГБОУ ВО РГАТУ).

(Окончание – в № 6 2024).

Список использованных источников

1. Лачуга Ю.Ф., Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Шогенов Ю.Х. Научно-технические достижения агроинженерных научных организаций в условиях цифровой трансформации сельского хозяйства // Техника и оборудование для села. 2023. № 3 (309). С. 2-11.
2. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Бейлис В.М., Ценч Ю.С. Инновационная система машинно-технологического обеспечения предприятий агропромышленного комплекса. Часть 1. М.: ФНАЦ ВИМ, 2019. 228 с.
3. Федоренко В.Ф., Таркинский В.Е. Цифровые беспроводные технологии для оценки показателей сельскохозяйственной техники // С.-х. машины и технологии. 2020. Е.14. № 1. С. 10-15.
4. Технологии XXI века в агропромышленном комплексе России. 4-е изд. доп. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2023. С. 401-484 с.
5. Гудков С.В., Саримов Р.М., Асташев М.Е. и др. Современные физические методы и технологии в сельском хозяйстве // Успехи физических наук. 2024. Т. 194. № 2. С. 208-226.
6. 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.
7. Shogenov Y.Kh., Shogenov A.Kh. Drying induction motor windings with zero-sequence current // Russian Electrical Engineering. 2021. Т. 92. № 4. С. 217-220. DOI:10.3103/S1068371221040064.
8. Izmailov A., Khort D., Filippov R., Shogenov Y., Pishchalnikov R.Yu., Simakin A.V. Improvement of winter graft techniques using cold plasma and plasma-treated solution on cherry cultures // Applied Sciences (Switzerland). 2022. Т. 12. № 10. DOI: 10.3390/app12104953.
9. Moskovsky M.N., Shogenov Y.H., Lavrov A.V., Gulyaev A.A., Belyakov M.V., Efremenkov I.Y., Pyatchenkov D.S. Spectral photoluminescent parameters of barley seeds (*hordeum vulgare*) infected with fusarium SSP // Photochemistry and Photobiology. 2023. V. 99: Pp. 29-34. DOI:10.1111/php.13645.
10. Гайфуллин И.Х., Рудаков А.И., Шогенов Ю.Х. Производство электроэнергии на основе переработки навоза в анаэробных условиях // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса : матер. Междунар. науч.-практ. конф. Казань: Казанский ГАУ, 2019. С. 71-77.
11. Отчет Отделения сельскохозяйственных наук РАН о выполнении фундаментальных и поисковых научных исследований в 2022 г. М.: ФГБНУ «ВНИИ агрохимии», 2023. 536 с.

Innovative Achievements of Agricultural Engineering Scientific Institutions in the Context of the Development of Digital Systems in Agriculture

Ya.P. Lobachevsky, Yu.F. Lachuga (FSBI RAS)

A.Yu. Izmailov (FGBNU FNATS VIM)

Yu.H. Shogenov (FSBI RAS)

Summary. The article deals with the results of the fundamental and applied research work carried out in 2023 by scientific agricultural engineering institutions of the Ministry of Education and Science of Russia guided by the Department of Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences (RAS) in the field of energy supply, energy saving, renewable and alternative energy in the agricultural sector; development of energy-resource-saving, environmentally friendly machine technologies, robotic technology and digital systems for the production of high-quality and competitive crop and livestock products; technologies and automated means of technical service, restoration and improvement of the machinery reliability using nano-technologies, polycomposite and nanomaterials.

Keywords: agricultural machinery, mobile energy vehicles, machine technologies, digital twin, electrical networks, power supply, agroecosystem, robotic machinery, renewable energy, technical service.



33-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ АГРОПРОМЫШЛЕННАЯ ВЫСТАВКА



ПОДПИСЫВАЙТЕСЬ
НА НАШ
TELEGRAM-КАНАЛ
@AGRORUS1

28-30 АВГУСТА 2024

МЕЖДУНАРОДНЫЕ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ
ЭКСПОЗИЦИИ

ЦЕНТР ДЕЛОВЫХ
КОНТАКТОВ

ДЕЛОВАЯ, ФЕСТИВАЛЬНАЯ
И КОНКУРСНАЯ ПРОГРАММА



КОНГРЕССНО-ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР
ЭКСПОФОРУМ
ПЕТЕРБУРГСКОЕ ШОССЕ, 64/1

AGRORUS.EXPOFORUM.RU
ТЕЛ.: +7 (812) 240-40-40, ДОБ. 2980, 2427



0+

УДК 631.674.4

DOI: 10.33267/2072-9642-2024-5-10-13

О концептуальных подходах развития природоподобных технологий, предотвращающих деградацию сельскохозяйственных земель

В.Ф. Федоренко,

д-р техн. наук, акад. РАН,
гл. науч. сотр.,
vim@vim.ru
(ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

Аннотация. Представлены результаты исследования и обоснования концептуальных подходов и физических принципов, необходимых и целесообразных при разработке природоподобных технологических процессов, технических систем и средств, принципиально отличных от наиболее распространенных и применяемых в настоящее время. Предлагаемые подходы базируются на современных представлениях о физиологии и продукционных процессах растений, концепции симбиоза растений и микроорганизмов почвы, создании оптимальных условий сохранения и развития биоценозов, сформировавшихся в корнеобитаемых горизонтах почв, путем внутрипочвенной обработки.

Ключевые слова: деградация, эрозия, корнеобитаемые горизонты, обработка, почва, гидрогель, аэрация, симбиоз, почвенные биоценозы.

Постановка проблемы

Основные тенденции изменения почвенного покрова в последнее столетие обусловлены прямым воздействием на него различных видов деятельности человека и влиянием изменяющихся климатических, гидрогеологических и социально-экономических условий. Хозяйственная деятельность сопровождается значительными преобразованиями природной структуры и комбинаций ареалов почв, что обуславливает формирование новых специфических видов организации почвенного покрова в зависимости от характера и интенсивности землепользования.

Целенаправленные изменения потоков вещества и энергии в ландшафте в процессе производственной деятельности влияют на функционирование почв (орошение, сброс сточных вод, дренаж, внесение удобрений, мелиорантов, пестицидов и др.). Зачастую это усугубляет исходную природную неоднородность, либо, наоборот, выравнивает ряд характеристик почв в пространстве. Специфика преобразования почвенного покрова может происходить в нескольких направлениях, которые в каждом конкретном ландшафте накладываются друг на друга, вызывая совокупный эффект [1].

В докладе ФАО «Состояние мировых земельных и водных ресурсов для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства» акцентируется внимание на чрезвычайно сложном положении в мировом агропродовольственном комплексе в части критического состояния системно взаимосвязанных земельных, почвенных, водных, биологических ресурсов [2]. Наиболее острыми и значительными вызовами, рисками в сельскохозяйственном производстве в настоящее время являются процессы деградации плодородного слоя земли, прежде всего, вследствие водной и ветровой эрозии под воздействием антропогенных и природных факторов. Выделяются пять основных факторов деградации: климат, рельеф, растительность, геология и деятельность человека.

На территории России деградация почв и эрозия получили широкое распространение в конце XIX в., что обусловлено освоением целинных земель: широким использованием отвальной вспашки при активном уничтожении растительного покрова [2]. В настоящее время, несмотря на внедренные

методы защиты, свыше 120 млн га подвержены ветровой и водной эрозии. В ближайшее десятилетие, если не будут пересмотрены подходы к обработке почвы, возникнут катастрофические проблемы с производством продовольствия.

Растения выполняют функцию первичных продуцентов в экосистемах, взаимодействуя с микроорганизмами, которые являются для растений донорами широкого круга адаптивно значимых функций, связанных с питанием и защитой от стрессов. Они способны создавать на своих поверхностях, в тканях и клетках специализированные ниши для различных микроорганизмов, образуя в совокупности с ними сложные сообщества, которые выполняют функции первичных продуцентов и редуцентов органического вещества. В ходе эволюции растения приобрели генные системы не для фиксации молекулярного азота или извлечения азота из почвенной органики, а для поддержания бактериальных или грибных сожигателей, которые осуществляют эти функции.

Наиболее распространенным агротехническим приемом и инструментом регулирования режимов интенсивности биологических процессов, фитосанитарного состояния сельскохозяйственных земель является их механическая обработка [3]. Приемы воздействия на почву машинами и орудиями (вспашка, дискование, культивирование, боронование и др.) активизируют жизнедеятельность почвенной микрофлоры, ускоряют сокращение гумуса и его непроизводительные потери, разрушают дернину и усиливают распыление верхних слоев в районах риска ветровой эрозии. Многократные проходы сельскохозяйственной техники приводят к сильному переуплотне-

нию почвенных горизонтов, интенсифицируя сток воды и снос почвы.

Обработка почвы – энергозатратный процесс, требующий до 10–15 тыс. МДж энергии на 1 га, что не всегда окупается урожаем. В первую очередь, воздействию подвергаются поверхностные, наиболее продуктивные ареалы почв, что приводит к изменениям строения почвенного профиля, физических, химических, биологических свойств отдельных почвенных горизонтов, режимов функционирования почвы: теплового, водного, газового, питательного, окислительно-восстановительного, солевого и др.

Переход к природоподобным технологиям почвозащитного, ресурсосберегающего земледелия предотвращает формирование процессов деградации сельскохозяйственных земель и повышает плодородие почвы. В последние годы ФАО, научные сообщества широко пропагандируют и обосновывают такой подход к управлению и реализации агроэкосистем сельскохозяйственного производства, позволяющий снизить энерготрудозатраты, повысить эффективность использования почвенных и водных ресурсов [4].

Анализ результатов исследований влияния фотохимического воздействия световой энергии на изменения агрохимических показателей почв показывает, что чем интенсивнее и чаще происходит обработка почвы, тем масштабнее и разрушительные воздействия фотохимических факторов на гумус [5]. Высокий уровень интенсификации земледелия за счет использования удобрений, гербицидов, мелиорантов, орошения, изменяет функции обработки, снижает ее влияние на формирование урожая до 8–12%. Особенно это характерно для почв с высоким потенциальным уровнем плодородия и благоприятными агрофизическими свойствами. В этих условиях избыточное воздействие нецелесообразно, а роль обработки может и должна быть сведена к технологическим функциям: внутрипочвенному внесению удобрений, гербицидов, мелиорантов, семян и т.д. Основными задачами обработки почвы становятся предотвращение деградации, воспроизводство плодородия, регулирование водного режима и защита от эрозии.

В этой связи предлагаемые концептуальные подходы к развитию природоподобных технологий для предотвращения деградации сельскохозяйственных земель направлены на реализацию важнейшего приоритета, определенного Стратегией научно-технического развития Российской Федерации на ближайшие десять лет – переход к развитию природоподобных технологий, воспроизводящих системы и процессы живой природы, в виде технологических процессов, технических систем и средств, интегрированных в природную среду и естественный природный ресурсооборот.

Цель исследования – обоснование концептуальных подходов разработки природоподобных технологий, предотвращающих деградацию сельскохозяйственных земель за счет симбиоза растений и почвенных микроорганизмов посредством внутрипочвенного рыхления, аэрации импульсами сжатого воздуха корнеобитаемых горизонтов почвы и последующего их орошения, удобрения, внесения гидрогеля.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования выбраны теоретические и практические результаты исследований процессов формирования и развития деградации и эрозии сельскохозяйственных земель на основании современных принципиальных представлений о физиологии растительных и почвенных организмов, базирующихся на концепции симбиоза растений и почвенных биоценозов, технологические параметры, технические характеристики и потребительские свойства машин и оборудования для обработки, рыхления, аэрации, орошения, внесения удобрений и гидрогеля, прежде всего, в корнеобитаемые горизонты почвы.

Способ и устройство для обработки корнеобитаемых горизонтов почв базируются на принципах биоземледелия, формирования факторов повышения продуктивности почв и растений, устойчивости агроценозов. Плодородие почв определяется как создание, сохранение и повышение их продуктивности в любых агроэкологических условиях и осуществляется путем поддержания

корнеоборота растений в тесном взаимодействии с другими компонентами биоты (бактерии, грибы, водоросли, почвенные животные), воздуха и водообмена (водооборота) между живой и косной материей экосистемы [6].

Основные методы исследования: обобщение, информационный и статистический анализ нормативно-методических материалов, проведение лабораторных и полевых исследований.

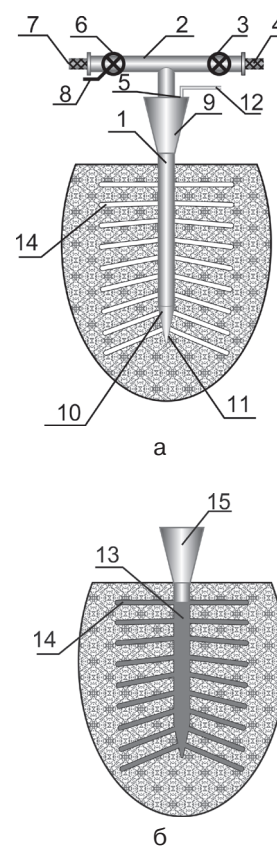


Рис. 1. Схема вертикального разреза корнеобитаемого горизонта почвы в процессе работы пневмогидробура:

а – при подаче импульса сжатого воздуха;
б – при подаче аэрозоля в виде смеси воздуха и растворов удобрений или гидрогеля: 1 – ствол; 2 – полая рукоятка; 3 – вентиль; 4 – шланг с водой или растворами под давлением; 5 – форсунка; 6 – вентиль; 7 – шланг сжатого воздуха; 8 – рычаг ручной подачи сжатого воздуха; 9 – смесительная камера; 10 – наконечник с перфорацией; 11, 12 – инжекторы; 13 – скважины; 14 – каналы; 15 – воронка (патент № 2740805 РФ, МПК, А01С23/02)

В ходе исследований разработан и изготовлен пневмогидробур с возможностью раздельной подачи под давлением воздуха, воды или аэрозоля в виде смеси воздуха, растворов удобрений и гидрогеля (при использовании комбинированных наконечников) в требуемых пропорциях (рис. 1).

Испытания и проверку результатов лабораторных исследований в хозяйственных условиях проводили с использованием изготовленной и смонтированной на транспортном средстве мобильной лаборатории для оценки эффективности внутрипочвенной подачи импульсов сжатого воздуха в корнеобитаемые горизонты почвы с последующим внесением воды, водно-воздушных смесей и водных растворов удобрений или гидрогеля через универсальные пневмогидробуры [7].

Результаты исследований и обсуждение

Как показывает анализ, ключевой причиной и фактором деградации почв в сельском хозяйстве является механическая обработка почвы (вспашка, культивация, дискование, боронование и др.), разрушающая сформировавшиеся в процессе выращивания сельскохозяйственных культур корнеобитаемые горизонты почвы. Корневая система растений скрепляет частицы почвы, обеспечивает ее биоту органическим питанием и формирует гумусовый компонент сельскохозяйственных земель.

Наличие растительности значительно снижает и даже останавливает процессы развития эрозии. В результате даже проливные дожди или сильные ветры не способны создать поверхностный смыл или снос частиц почвы. Практика показала, что наиболее высокую эффективность защиты от этих факторов обеспечивают многолетние, озимые культуры, сохранение корнеобитаемых слоев (стерни), мульчирование пожнивыми остатками.

В этой связи представляются наиболее перспективными и целесообразными агротехнологии, технические системы и средства, формирующие оптимальные условия для максимальной реализации создаваемого генетического потенциала продуктивности растений, наиболее эффек-

тивного использования имеющегося в распоряжении сельхозтоваропроизводителей природно-биологических ресурсов (плодородие почвы, агроландшафты, почвенные биоценозы и пр.), формирования механизмов взаимодействия биомашсистем и процессов живой природы для получения максимально возможного и рационального синергетического эффекта.

В соответствии с этими положениями на основании экспериментальных исследований и проведения полевых опытов разработаны и предлагаются природоподобные технологии, технические системы и средства обработки корнеобитаемых горизонтов почв (патент № 2807736 РФ, МПК А01В79/005). Они оптимальным образом интегрируются в природную среду и естественный природный ресурсооборот, сокращают время выполнения операции и повышают производительность [8]. Разработанный природоподобный технологический процесс осуществляется устройством, схема которого представлена на рис. 2.

На раме с элементами навески установлены ресивер сжатого воздуха, насос и бак с растворами гидрогеля, микробных биопрепаратов и/или удобрений (не показаны). Снизу к раме с элементами навески шарнирно при-

соединены установленные с возможностью подъема рамные элементы 1 пассивный движитель 2, выполненный в виде замкнутой сплошной эластичной ленты 3, внутри которой на рамных элементах, шарнирно связанных с элементами навески, установлены поддерживающие колеса 4 с натяжителем ленты. По периметру ленты равномерно выполнены отверстия 5, в которых на внутренней поверхности ленты на шарнирах 6 установлены пневмогидробуры 7.

В центре движителя на рамных элементах с возможностью синхронного вращения с лентой установлен распределитель 8, в который поступает из ресивера сжатый воздух, а из баков под давлением – растворы гидрогеля, микробных биопрепаратов и/или удобрений. Распределитель направляет к пневмогидробурам по шлангам 9 сжатый воздух, а по шлангам 10 – растворы препаратов через основной 11 и дополнительный 12 электропневмоклапаны, установленные на внутреннем конце всех пневмогидробур. Каждый пневмогидробур оснащен рычагом 13, который взаимодействует с роликовым оборачивателем 14, установленным на рамном элементе в передней по ходу движения части ленты, который ориентирует соответствующий пнев-

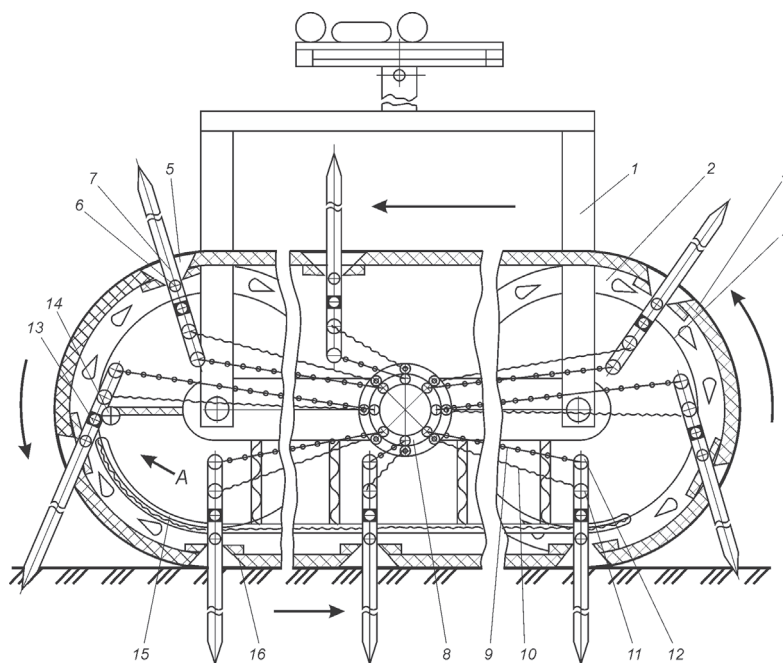


Рис. 2. Устройство для внутрипочвенной обработки корнеобитаемых горизонтов почв (патент № 2807736 РФ, МПК А01В79/005)

могидробур в положение для наиболее эффективного погружения в корнеобитаемые горизонты почв.

Ограничитель 15 нагрузки на ленту прижимает шарниры и ленту к поверхности почвы, обеспечивая более плотный контакт и уменьшая напряжение. Лента предотвращает выход из почвы воздуха и раствора, обеспечивая равномерное рыхление и распределение раствора в ней. В случае проявления на поверхности почвы или в почве твердых включений лента или пневмогидробур воздействует на ограничитель, который передает нагрузку на рамные элементы и приподнимает движитель. Шарнирное крепление пневмогидробуров к ленте обеспечивает их разворот под безопасным углом, исключая повреждение.

Длину движителя и глубину проникновения пневмогидробуров в почву регулируют в зависимости от толщины корнеобитаемых горизонтов и характеристики почв. Трактор с поднятым пассивным движителем подъезжает к полю, опускает движитель и начинает движение. Сначала один и последовательно остальные пневмогидробуры касаются почвы и погружаются в нее на оптимальную глубину. Импульсы сжатого воздуха проходят через пневмогидробуры, рыхлят и насыщают воздухом корнеобитаемые горизонты почв, формируя полости и микропустоты (см. рис 1а). В момент открытия электропневмоклапана через пневмогидробур по шлангам в полости и микропустоты подаются растворы гидрогеля, микробных препаратов и/или удобрений, которые равномерно распределяются в почве (см. рис. 1б).

Когда лента достигает точки подъема и начинается последовательное извлечение из почвы пневмогидробуров, подача препаратов и импульсов сжатого воздуха прекращается. Благодаря прижимным стабилизаторам 16 пневмогидробуры занимают устойчивое положение перпендикулярно поверхности ленты.

Предлагаемые способ и природоподобная технология обеспечат формирование оптимальных условий для жизнедеятельности агроценозов, грибов и др. Позволят проводить обработки всех видов почв без оборота корнеобитаемых почвенных горизонтов, повысить

продуктивность почвы, максимально сохранить ее биологические и экологические параметры при высоком качестве, мобильности и энергоэффективности процессов обработки.

Выводы

1. Представленные концептуальные подходы к созданию и развитию природоподобных технологий предотвращают формирование процессов деградации сельскохозяйственных земель, разработаны в соответствии с современными представлениями о продукционных процессах в растениеводстве и концепции симбиоза растений и микроорганизмов почвы с учетом результатов анализа и оценки факторов, влияющих на процессы деградации и эрозии плодородных горизонтов земель.

2. В основополагающих представлениях земледельческой механики основным определяющим фактором обработки почвы является крошение почвенного пласта при воздействии механических рабочих органов, а главная задача современной агротехники – крошение пласта различной толщины в разных условиях посредством клиньев всевозможной формы. Как свидетельствуют обширная практика и результаты анализа многочисленных исследований, именно такие приемы оказывают наиболее значительное негативное влияние на формирование и развитие процессов деградации и эрозии сельскохозяйственных земель.

3. Разработанные технологические приемы, технические системы и средства базируются на принципиально отличных от подходов земледельческой механики физических принципах и физиологических представлениях о продукции, опытных процессах в растениеводстве и направлены на обеспечение оптимальных условий сохранения и развития биоценозов, сформировавшихся при возделывании сельскохозяйственных культур в корнеобитаемых горизонтах почвы без их оборота и разрушения за счет внутриверхневой обработки, рыхления, аэрации, орошения, создания полостей, микропустот импульсами сжатого воздуха посредством погружения в почву пневмогидробуров, последую-

щего орошения, внесения удобрений, пестицидов, гидрогеля.

Список

использованных источников

1. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2022 году. М.: Росинформагротех, 2023. 372 с.
2. Национальный доклад «Глобальный климат и почвенный покров России: оценка рисков и эколого-экономических последствий деградации земель. Адаптивные системы и технологии рационального природопользования (сельское и лесное хозяйство)» / Под ред. А.И. Бедрицкого. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, ГЕОС, 2018. 286 с.
3. Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель (Текст по состоянию на июль 2011 г.). М.: Роскомзем, 2011.
4. Генетические основы эволюции бактерии-симбионтов растений / Проворов Н.А., Тиханович И.А. СПб: Информ-Навигатор, 2016. 240 с.
5. Новоселов С.И. Влияние фотохимического воздействия света на подвижность гумусовых веществ и свойств почвы // Агрохимия. 2021. № 12. С. 37-41.
6. Мишуев Н.П., Федоренко В.Ф. и др. Инновационные технологии и технические средства для подпочвенного полива многолетних насаждений: науч. изд. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2022. 156 с.
7. Мишуев Н.П. и др. Результаты исследований подпочвенного орошения многолетних эфиромасличных культур с использованием гидрогеля // Техника и оборудование для села. 2022. № 11. С. 11-15.
8. Федоренко В.Ф., Харитонов М.П., Смирнов И.Г., Аристов Э.Г. Перспективы роботизации процессов внутриверхневой поливки и подкормки растений // Агроинженерия. 2024. Т. 26. № 1. С. 11-17.

Conceptual Approaches to the Development of Nature-like Technologies Which Prevent the Degradation of Agricultural Lands

V.F. Fedorenko (FGBNU FNATS VIM)

Summary. The author presents the results of the study and substantiation of conceptual approaches and physical principles that are necessary and appropriate in the development of nature-like technological processes, technical systems and means that are fundamentally different from the most common and currently used. The proposed approaches are based on modern ideas about the physiology and production processes of plants. Based on the concept of symbiosis of plants and soil microorganisms, creating optimal conditions for the preservation and development of biocenoses formed in root-inhabited soil layers through intrasoil cultivation.

Key words: degradation, erosion, root layers, treatment, soil, hydrogel, aeration, symbiosis, soil biocenoses.

Кормоуборочный комбайн RSM F 1300: работает в соответствии с агротехнологией

Качество консервированных травяных кормов, таких как сенаж, зерносенаж, силос, силаж, корнаж, закладывается непосредственно во время уборки культуры. Срез или подбор без частиц почвы и других инородных включений; длина резки в соответствии с культурой и влажностью;

равномерность длины резки не менее 85 %; полнота дробления зерна выше 99 %; погрузка в транспортное средство с минимальными потерями распылом. При этом скорость прохождения массы по технологическому тракту должна возрастать на каждом этапе.



Кормоуборочный комбайн RSM F 1300 производства компании Ростсельмаш полностью удовлетворяет этим требованиям. Машину отличает самый короткий технологический тракт среди одноклассников, чем во многом обусловлена ее экономичность. Кроме того, особенности реализации привода рабочих органов, которые также вносят вклад в энергосбережение, обеспечивают максимальную согласованность всех звеньев технологической цепочки.

Так, привод измельчающего барабана и ускорителя массы осуществляется ременной передачей через муфту включения непосредственно с вала двигателя, а привод валцов питающего устройства – через ременную передачу с вала барабана-измельчителя. Таким образом, обеспечивается естественная синхронизация скорости работы всех важнейших узлов, а значит гарантируется постоянство длины резки и снижается вероятность возникновения «заторов» в технологическом тракте.

Питающий аппарат усиленной конструкции позволяет агрегатировать комбайн с тяжелыми широкозахватными агрегатами. Высокая сила подпрессовки обеспечивает возможность работы на фонах любой урожайности. В комплектацию узла входит система копирования рельефа, что упрощает работу на высоких скоростях. Камнеметаллодетектор с автозапуском срабатывает четко, предотвращая попадание твердых загрязнителей на ножи измельчителя и в кормовую массу.

Измельчающий барабан $\varnothing$ 630 мм и шириной 703 мм, разработанный для кормоуборочного комбайна RSM F 1300, вращается со скоростью до 1200 мин⁻¹. В базовом исполнении на нем шевронно в четыре ряда установлено 32 ножа с возможностью демонтажа половины комплекта. Длина резки регулируется ступенчато и составляет 6/11/15/26 мм, с половинным комплектом – 12/22/30/52 мм, т.е. возможностей регулировки достаточно, учитывая, что, согласно научным рекомендациям, длина резки при заготовке трав на сенаж составляет порядка 25-50 мм, а при заготовке культуры на силос – 4-15 мм (в зависимости от влажности). В качестве опции выбора производитель предлагает агрегаты с большим количеством ножей – 40/48/64 шт.

Узел измельчения укомплектован полуавтоматической системой заточки ножей, а также системами механического подвода бруса и регулировки зазора днища барабана-измельчителя. Скорость заточки увеличена вдвое относительно возможностей предыдущих моделей.

Корн-крекер (доизмельчитель) слайдерного типа с вальцами $\varnothing$ 190 мм предлагается в качестве опции, что позволяет предприятиям, заготавливающим исключительно листостбелные влажные корма, не нести затрат на ненужный узел. Смена доизмельчитель / травяная проставка не требует ручного труда. Корн-крекер устанавливается в канал с помощью гидропривода, операция занимает всего несколько минут. Остается только накинуть ремень. Полнота дробления зерен в фазе молочно-восковой спелости составляет 99,9 %.

В базовую комплектацию кормоуборочного комбайна включена система внесения разбавленных консервантов с баком вместимостью 390 л и производительностью по-

дачи раствора 30-420 л/ч. Как правило, норма внесения консервирующего препарата указана на упаковке. Пропускная способность комбайна RSM F 1300 может достигать 120 т/ч, т.е. система внесения консервантов полностью обеспечивает «потребности» силосной/сенажной массы. Отметим, что конструкция машины предусматривает установку форсунки в зону валцов питателя или в зону ускорителя массы.

Ускоритель массы $\varnothing$ 540 мм с частотой вращения 2400 мин⁻¹ развивает высокое швырковое усилие, что положительно сказывается на плотности загрузки кузова транспортного средства. Высота точки выгрузки составляет 6 м, угол поворота силосопровода – 210°. Ускоритель укомплектован противонаездным устройством, которое снижает риск поломки узла при случайном столкновении с препятствием. Для повышения удобства работы и уровня безопасности производитель предлагает в качестве опции систему видеонаблюдения за зоной выгрузки.

Вопросы эргономики и ходовые характеристики

На комбайн устанавливают подрессоренную двухместную кабину Comfort Cab с усиленной шумоизоляцией, оборудованную высокопроизводительным кондиционером, отопителем, системой аудиоподготовки и холодильным отсеком. В комплектацию рабочего места входит информационно-голосовая система Adviser II.

В базовую комплектацию комбайна входят прицепное устройство с автоуловителем и механизм быстрой навески и фиксации адаптеров, что облегчает операции подключения и перевода орудий в транспортное положение. На питающем аппарате установлена грязезащитная шторка, защищающая узел от попадания растительной массы, а открытие осуществляется «калиткой», что упрощает доступ к узлу измельчения. Для облегчения выполнения ЕТО комбайн оснащен централизованной системой смазки, в комплектацию также входит пневмосистема с ресивером и рабочим инструментом.

Кормоуборочный комбайн RSM F 1300 оснащают 15-литровым (14,86 л) двигателем мощностью 330 л.с. с турбонаддувом и промежуточным охлаждением наддувочного воздуха и гидростатической трансмиссией с двухдиапазонной КПП. Машина развивает рабочую скорость до 15 км/ч и транспортную – до 25 км/ч. На машину ставят ведущие колеса с шинами 28LR26 и управляемые – с шинами 18,4R24.

Специалистами МИС было установлено, что кормоуборочный комбайн RSM F 1300 обеспечивает полноту сбора урожая не менее 99 % (общие потери – менее 1 %); равномерность длины резки – более 85 %. При заготовке силоса также установлено, что степень разрушения зерна кукурузы в фазе восковой спелости составляет более 99 %. Таким образом, кормоуборочный комбайн RSM F 1300 производства компании Ростсельмаш полностью соответствует современным требованиям, предъявляемым к машинам этого типа.

УДК 631.171:631.812

DOI: 10.33267/2072-9642-2024-5-16-20

Определение перспективной конструкции тукосмесительной установки с использованием технологий компьютерного моделирования

Н.С. Панферов,*канд. техн. наук,
ст. науч. сотр.,
nikolaj-panfyorov@yandex.ru***В.С. Тетерин,***канд. техн. наук,
ст. науч. сотр.,
v.s.teterin@mail.ru***С.А. Пехнов,***ст. науч. сотр.,
pehnov@mail.ru***А.Ю. Овчинников,***мл. науч. сотр.,
aleksovchinn@gmail.com***Ю.О. Ляшук,***науч. сотр.,
ularzn@mail.ru
(ФГБНУ ВНАЦ ВИМ)*

Постановка проблемы

Современное сельское хозяйство сложно представить без использования цифровых интеллектуальных систем, которые помогают руководителям и специалистам хозяйств отслеживать процессы, происходящие в производстве. Так, агроном может с помощью карт урожайности, результатов NDVI-обследования и химических анализов почвы, зная предшествующие культуры и используя современное программное обеспечение, рассчитать точную дозу минеральных удобрений, необходимых для внесения на конкретном участке поля под конкретную культуру [1].

Инженер и механизаторы хозяйства, в свою очередь, настраивают нормы внесения минеральных удобрений на распределителях твердых минеральных удобрений и других сельскохозяйственных машинах путем загрузки карт заданий в бортовые компьютеры [2]. По данным карт заданий, в которых нанесены нормы внесения минеральных удобрений с привязкой к конкретному участку поля, и происходит управление исполнительными механизмами дозирования сельскохозяйственных машин [3, 4]. В общих чертах это и есть система точного земледелия (умного сельского хозяйства) на примере одной из наиболее сложных, но в тоже время эффективных операций увеличения урожайности сельскохозяйственных культур, требующей немалых финансовых и трудовых затрат [5, 6].

На сегодняшний день ассортимент и качество минеральных удобрений выросли, но аграриям по-прежнему доступны лишь определенные составы сложных минеральных удобрений с фиксированной концентрацией макроэлементов (N/P/K), что не совсем укладывается в понятие точного

земледелия, постулатами которого являются экономия ресурсов, индивидуальный подход к каждой операции, минимизация экологической нагрузки на окружающую среду и применение такого количества агрохимикатов, которое необходимо [7]. В реальности же наблюдается картина, когда, несмотря на точно рассчитанные требуемые для внесения дозы минеральных удобрений, сельхозпроизводитель вынужден применять готовые сложные удобрения, где концентрация одних компонентов превышает потребность в них на поле, а других недостаточна, поэтому компенсируется увеличением или снижением дозы применяемых удобрений. Данное обстоятельство оказывает пагубное влияние как на экологическое и физическое состояние почвы, так и на саму культуру, произрастающую на ней [8].

Одним из наиболее эффективных методов решения данной проблемы является применение тукосмесей, т.е. смесей удобрений, рассчитанных на конкретные условия применения. Благодаря сбалансированности состава тукосмесей и их биологической модификации хелатными комплексами готовые смеси проявляют повышенную биологическую эффективность и ростостимулирующий эффект (коэффициент полезного использования достигает 90% по сравнению с традиционной технологией (до 60% для минеральных моноудобрений), что в целом позволяет сократить норму внесения для минеральных удобрений на 40-60%, а также избежать деградации и засоления почв, решая тем самым один из основных недостатков тукосмесей прошлого в виде необходимости повышенных объемов их внесения [9, 10].

В состав тукосмесей зачастую входят однокислотные минеральные гра-

Аннотация. Рассмотрены вопросы внесения твердых минеральных удобрений в рамках системы точного земледелия. Выявлен недостаток в виде использования составов сложных минеральных удобрений на полях с неравномерной потребностью в макроэлементах, которая нивелируется количеством вносимых удобрений, что пагубно отражается на экологии, физическом состоянии почвы и самой культуре. Предложено использовать тукосмеси с корректировкой их состава на тукосмесительных установках. Проведен анализ существующих смесителей, смоделированы процессы, происходящие при работе на шнековом, барабанном и центробежном смесителях. Результаты моделирования показали, что коэффициент неравномерности k_c для установки барабанного типа составил 8,6%, для установки лопастного типа – 17,3, центробежного – 3,5%.

Ключевые слова: твердые минеральные удобрения, точное земледелие, тукосмеси, смеситель, коэффициент неравномерности, симуляция процесса.

нулированные или порошкообразные удобрения. Приготовление происходит в специализированных тукосмесительных установках, использующих один из четырех способов смешивания:

- пневматический – пропускание потока газа (воздуха) через слой перемешиваемых компонентов во взвешенном (псевдооживленном) слое;

- гравитационный – поднятие компонентов смеси на определенную высоту и последующее опускание их под действием силы тяжести, при этом частицы компонента должны описывать сложные траектории, что способствует хорошей степени смешивания;

- механический. Достигается вращением различных перемешивающих устройств (шнеки, лопасти, барабаны, роторы и т.д.);

- комбинированный. Тип смешивания, при котором используются два и более приведенных выше способа [11].

Задача тукосмесительных установок – подготовить минеральные удобрения, в которых компонентный состав будет распределен равномерно по всему объему тукосмеси вне зависимости от пропорций компонентов. При этом перспективные направления исследования за рубежом связаны не с сухим смешиванием компонентов с добавлением биопрепаратов, а с изменением химического состава удобрений и их рецептур при получении гранул. По сути, тукосмешение эволюционировало в создание сложных удобрений с заданным количеством необходимых питательных веществ и компонентов, что эквивалентно созданию химического завода с огромной энергоемкостью и не укладывается в возможности отдельного хозяйства [12, 13].

Таким образом, использование тукосмесительных установок сухого смешивания для создания тукосмесей с добавлением биопрепаратов в рамках концепции точного земледелия приобретает актуальность за счет вариативности составов смесей под конкретные условия их применения.

Цель исследования – выбор конструкции тукосмесительной установки, отвечающей заданным технологическим параметрам равномерности распределения компонентов по объему смеси, минимизация разрушаемости

гранул минеральных удобрений при их смешивании и соблюдении точного пропорционального качественного состава конечной смеси.

Материалы и методы исследования

Основная задача исследования – выявление перспективной конструкции смешивающего органа или комбинации органов тукосмесительной установки с определением ее конструкции и оптимального способа смешивания – решалась путем сравнения неравномерности получившейся смеси посредством моделирования процессов, происходящих в тукосмесительной установке с помощью программного обеспечения.

При проведении исследования были использованы методы анализа и обобщения информации. Проводился анализ конструкций смесителей сыпучих материалов с их последующей классификацией, выявлением преимуществ и недостатков. Для оценки работы тукосмесительной установки было принято решение использовать коэффициент неоднородности конечной смеси k_c , который показывает процентное отношение содержания основного компонента к его средней массовой доле в смеси, где основным (ключевым) компонентом является наиболее важный по технологии, а другие компоненты объединяются при этом в условный.

$$k_c = \frac{\sigma_c}{c_{cp}} 100 = \frac{100}{c_{cp}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (c_i - c_{cp})^2}{(n-1)}}, \quad (1)$$

где k_c – коэффициент неоднородности конечной смеси, %;

σ_c – среднее квадратичное отклонение содержания основного компонента, %;

c_{cp} – средняя массовая доля основного компонента в смеси, %;

c_i – массовая доля основного компонента в i -й пробе, %;

n – число проб.

Таким образом, чем меньше значение коэффициента k_c , тем равномернее состав тукосмеси, что в целом характеризует работу смесителей. Если $k_c < 10\%$, то эффективность смешивания считается допустимой.

Коэффициент неоднородности зависит от множества факторов, начиная от гранулометрического состава исходных компонентов и заканчивая их физико-механическими свойствами. Однако наибольшую степень влияния на качество конечной смеси удобрений оказывает способ смешивания.

Для оценки эффективности были использованы методы 3D-моделирования и симуляции процессов, происходящих в рассматриваемых конструкциях тукосмесительных установок. Для этого спроектированы 3D-модели наиболее перспективных конструкций смесителей и их рабочих органов, а также проведена симуляция процессов, происходящих в них при смешивании компонентов, с помощью современных САПР.

Анализ конструкций тукосмесительных установок показал их широкое разнообразие, при этом к наиболее распространенным способам можно отнести механическое смешивание рабочими органами барабанного типа с различной формой барабана, лопастного и шнекового типов, а также конвейерные линии с бункерами-дозаторами, подающими компоненты послойно посредством тензодатчиков или объемного дозирования.

Для определения качественных показателей работы тукосмесителей и выявления оптимальной конструкции тукосмесительной установки на основе приведенных способов смешивания и рассмотренных типов смесителей были спроектированы 3D-модели каждого из устройств в САПР КОМПАС 3D с целью дальнейшей симуляции процессов, происходящих в них при работе, в программе RealFlow.

При создании моделей учитывалось следующее: смешивание не менее трех компонентов, непрерывная работа в условиях технологической линии, обработка туков биопрепаратами, максимальная часовая производительность, а также минимизация разрушаемости гранул при контакте с рабочими органами смесителя.

Результаты исследований и обсуждение

В качестве первой модели была выбрана конструкция барабанного смесителя с барабаном круглой формы

(рис. 1а), на внутренних стенках которого были смонтированы рёбра. Работает предлагаемая 3D-модель следующим образом. Из трёхсекционного бункера твердые минеральные удобрения (далее – ТМУ) поступают в загрузочный шнек, который, вращаясь, производит предварительное смешивание ТМУ и транспортирует их к загрузочному окну, откуда удобрения поступают в смесительный барабан. Вращаясь, смесительный барабан с помощью продольных рёбер выполняет основное смешивание ТМУ и их продвижение к выгрузным швелерообразным лопастям за счет установки барабана под небольшим наклоном (не более 5°) в сторону выгрузного окна.

Лопасты, в свою очередь, подают готовую тукосмесь через окно барабана в выгрузной шнековый смеситель, вращение которого проталкивает тукосмесь к окну выгрузного смесителя, через которое ТМУ поступают в необходимую тару.

В качестве второй модели тукосмесительной установки была выбрана конструкция с лопастным рабочим органом (рис. 1б). Из трёхсекционного бункера для компонентов смеси ТМУ поступают в смесительный бункер, в котором за счёт вращения лопастного смесителя и угла наклона его лопастей происходит смешивание и продвижение их к выгрузным швелерообразным лопаткам.

Швелерообразные лопатки осуществляют выгрузку готовой тукосмеси через специальное окно бункера в выгрузной шнековый смеситель, вращение которого перемещает смешанные ТМУ к окну выгрузного смесителя, через которое происходит выгрузка тукосмеси в необходимую тару.

Описанные модели используют существующую, но модифицированную механическую технологию смешивания, основанную на грубом контакте поверхностей рабочих органов с гранулами удобрений, разрушая их. Для минимизации разрушаемости гранул была подготовлена новая модель тукосмесительной установки с комбинированным (гравитационным и механическим) типом смешивания с центробежным рабочим органом в виде усечённого конуса (рис. 1в) [14].

Работает предлагаемая модель центробежного смесителя следующим образом. ТМУ из бункеров по направляющим лоткам через формовщик поступают на вращающийся конус, распределяются по наружной поверхности в виде тонкого слоя. При этом каждый следующий вид удобрений поступает на предыдущий слой, смешиваясь с ним. В результате действия центробежных сил гранулы ТМУ, падая под действием гравитации, смешиваются и сыпаются в воронку, двигаясь при этом по спиральной траектории за счет воздействия инерциальных цен-

тробежных сил, попадают в промежуточную камеру и выгрузное окно, через которое осуществляется выгрузка их в соответствующую тару.

Процесс работы построенных 3D-моделей исследовался в программе RealFlow. С целью создания одинаковых условий работы каждой из моделей установок были выбраны следующие параметры: для смешивания брали 3 компонента разных цветов в соотношении 1:1:1, 2:1:1 и 3:2:1, гранулы, имитирующие минеральные удобрения, имели размер 5 мм, гранул каждого цвета – по 50 тыс. (ограничивалось вычислительной мощностью персонального компьютера, на котором проводилась симуляция), коэффициент трения между гранулами и поверхностью рабочих органов – 0,55. Полученная смесь выгружалась в ёмкость вместимостью 1 м³. Симуляция проводилась до полного опорожнения емкостей смесителей (рис. 2).

В ходе моделирования работы барабанного смесителя выбирались следующие режимы работы: частота вращения загрузочного шнека – 30 мин⁻¹, барабана – 10 мин⁻¹ (исходя из технических требований к барабанным смесителям – до 10 мин⁻¹), шнека выгрузного смесителя – 30 мин⁻¹ (рис. 2а).

Для лопастного смесителя частота вращения составляла 60 мин⁻¹; шнека выгрузного смесителя – 60 мин⁻¹ (рис. 2б). Для центробежного смеси-

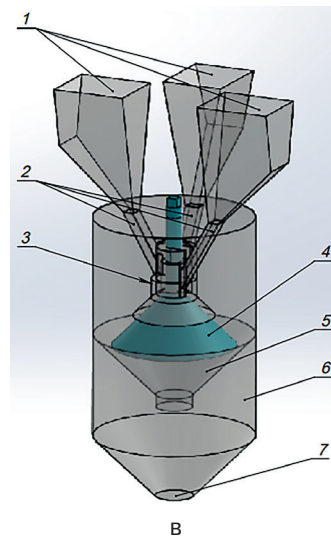
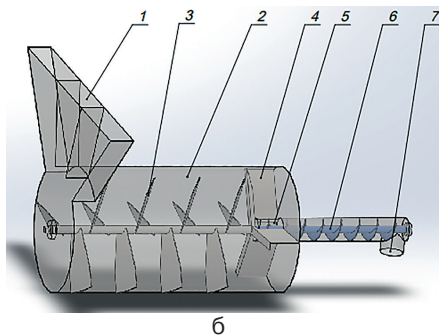
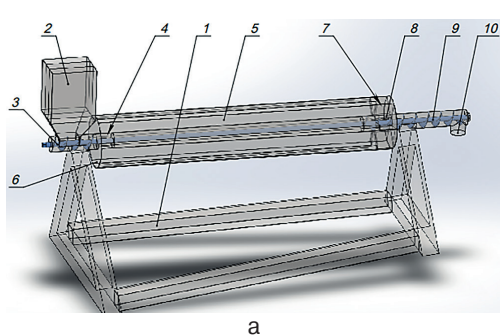


Рис. 1. Варианты схем смесителей: а – общий вид барабанного смесителя: 1 – рама; 2 – бункер трехсекционный; 3 – шнек загрузочный; 4 – окно барабана загрузочное; 5 – барабан смесительный; 6 – ребро барабана; 7 – лопасти выгрузные; 8 – окно барабана выгрузное; 9 – смеситель выгрузной; 10 – окно смесителя выгрузное; б – общий вид лопастного смесителя: 1 – бункер трехсекционный загрузочный для компонентов смеси; 2 – бункер смесительный; 3 – лопастной смеситель; 4 – лопатки выгрузные; 5 – окно барабана выгрузное; 6 – шнек выгрузной; 7 – окно смесителя выгрузное; в – схема центробежного смесителя: 1 – бункер; 2 – лоток направляющий; 3 – формовщик; 4 – конус вращающийся; 5 – воронка; 6 – промежуточная камера; 7 – окно выгрузное

теля частота вращения усеченного конуса составляла 60 мин⁻¹ (рис. 2в).

Качество работы смесительных установок оценивалось по равномерности полученной смеси. В результате симуляции процесса работы смесителей были получены образцы смесей в сосуде вместимостью 1 м³, из которых выбиралось по 3 пробы объемом 1 см³ из 5 различных уровней сосуда. Полученные результаты подставлялись в уравнение (1) и для каждой из моделируемых установок был получен коэффициент неоднородности K_c . На основе полученных результатов для каждого из соотношений были построены графики, характеризующие коэффициент неоднородности получаемой смеси (рис. 3).

Анализ полученных результатов компьютерного моделирования показывает, что в процессе получения смесей с различным соотношением компонентов коэффициент неравномерности для каждого из смесителей при заданных параметрах и режимах работы находился в одном диапазоне. Так, для модели смесителя лопастного типа средневзвешенное значение данного показателя составило 17,3%, что является худшим результатом среди выбранных и спроектированных конструкций смесителей. Кроме того, стоп-кадр симуляции работы данного смесителя (см. рис. 2б) показывает, что

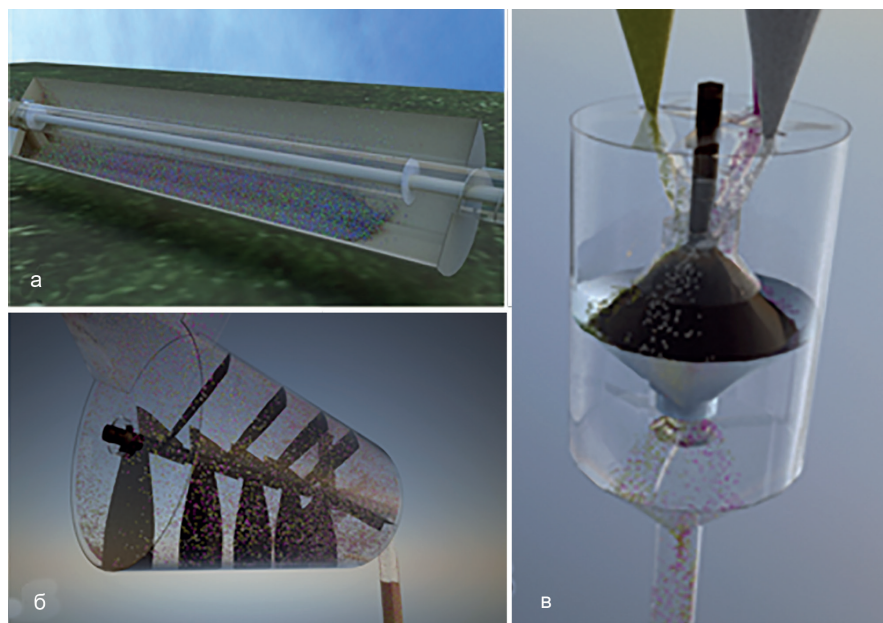
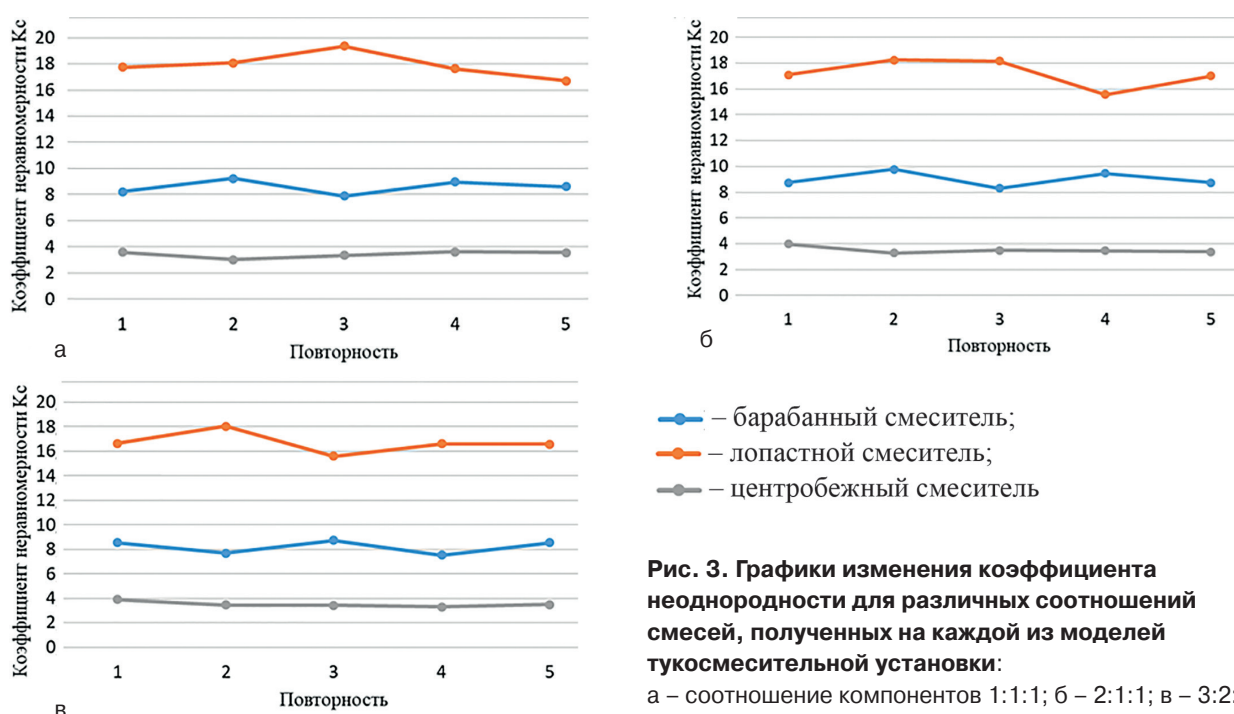


Рис. 2. Принцип работы предлагаемых моделей смесителей: а – барабанный; б – лопастной; в – центробежный

модели гранул ТМУ перемещаются по всему объёму барабана с достаточно высокой интенсивностью, что может приводить к их дополнительному разрушению. Повышение равномерности получаемой смеси и доведение её степени до требуемых значений в 10%, а также снижение разрушения гранул минеральных удобрений в данном смесителе можно добиться путём сокращения частоты вращения рабочих

органов, что, в свою очередь, увеличит продолжительность смешивания и снизит его производительность.

Допустимая эффективность смешивания в процессе симуляции работы тукосмесительных установок была получена в смесителе барабанного типа, средневзвешенное значение коэффициента неравномерности для данной модели составило 8,6%, а в центробежном смесителе – 3,5%.



Высокая степень смешивания в смесителе центробежного типа обусловлена его конструкцией и принципом работы.

В процессе работы данной модели смесителя каждый следующий компонент смеси поступает на вращающуюся коническую поверхность поверх предыдущего компонента, тем самым происходит послойное смешивание. В свою очередь, на каждый из компонентов смеси оказывается воздействие центробежных сил и силы тяжести, под действием которых гранулы двигаются по спиральной траектории, ссыпаясь по воронке, контактируя между собой и дополнительно перемешиваясь.

Выводы

1. Как показывают результаты компьютерного моделирования, идеального распределения гранул по смеси практически не существует, что связано с влиянием большого числа факторов: физических свойств исходных компонентов смеси; конструктивно-кинематических и технологических параметров. Качество тукосмеси считается высоким, если однородность распределения компонентов в ней не ниже 90%. В ходе проведённых исследований были получены следующие значения коэффициента неравномерности k_c : для установки барабанного типа – 8,6%, лопастного – 17,3, центробежного – 3,5%.

2. На основе полученных данных можно сделать вывод: конструкция туко-смесительной установки центробежного типа является наиболее оптимальной для получения высококачественных тукосмесей, что связано с комбинированием гравитационного и механического типов смешивания и послойной подачей компонентов на рабочий орган, а минимальный и краткосрочный контакт гранул ТМУ с рабочим органом в виде вращающегося конуса минимизирует их разрушаемость.

Список

использованных источников

1. Митрофанов С.В. Использование данных картирования урожайности для выявления участков внутривидовой неоднородности почвенного плодородия // Техника и оборудование для села. 2023. № 2(308). С. 16-20. DOI 10.33267/2072-9642-2023-2-16-20.

2. Личман Г.И. Способы внесения удобрений в системе точного земледелия // Г.И. Личман, С.А. Белых, А.Н. Марченко // С.-х. машины и технологии. 2018. Т. 12, № 4. С. 4-9. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-4-4-9.

3. Разработка лабораторного стенда для исследования рабочих органов распределителей удобрений центробежного типа / Н.С. Панферов, В.С. Тетерин, С.А. Пехнов, Д.Г. Сухоруков // Техника и оборудование для села. 2020. № 7(277). С. 26-29. DOI 10.33267/2072-9642-2020-7-26-29.

4. Mathematical models and soil fertility management software / S. Mitrofanov, N. Novikov, V. Nikitin, S. Belykh // E3S Web of Conferences : 8, Rostovon-Don, 19-30 августа 2020 г. Rostovon-Don, 2020. Р. 04008. DOI 10.1051/e3sconf/202021004008.

5. К вопросу разработки карт-заданий для дифференцированного внесения удобрений / С.В. Митрофанов, С.А. Белых, Д.А. Благов [и др.] // Техническое обеспечение сел. хоз-ва. 2020. № 1(2). С. 141-150.

6. Разработка технологии контроля работы распределителей твердых минеральных удобрений и качества их распределения / А.В. Сибирев, А.Г. Аксенов, Н.С. Панферов [и др.] // Аграрный научный журнал. 2022. № 12. С. 106-111. DOI 10.28983/asj.y2022i12pp106-111.

7. Шилкина М.П. Экологические проблемы применения минеральных удобрений / М.П. Шилкина, Т.В. Левенец // Проблемы экологии Южного Урала : матер. IX Всеросс. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Оренбург, 17-18 октября 2019 г.). Оренбург: Дом Педагогики, 2019. С. 57-61.

8. Евдакова М.В. Экологические проблемы применения минеральных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур // Экология и сельское хозяйство: на пути к инновациям : матер. Междунар. науч.-практ. конф. (г. Орел, 17-19 апреля 2019 г.). Орел: Орловский ГАУ им. Н.В. Парахина, 2019. С. 110-115.

9. Куликова А.Х. Эффективность биомодифицированных минеральных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур на черноземах лесостепи Поволжья / А.Х. Куликова, Г.В. Сайдышева // Вестник Чувашской ГСХА. 2021. № 1(16). С. 19-26.

10. Измайлов А.Ю. К вопросу обоснования технико-экономического уровня сельскохозяйственных машин и оборудования / А.Ю. Измайлов, В.А. Макаров // С.-х. машины и технологии. 2016. № 6. С. 3-9. DOI 10.22314/207375992016.6.39.

11. Фадин Ю.М. Современное состояние развития технологии смешивания сухих смесей

/ Ю.М. Фадин, О.М. Шеметова, Е.Г. Шеметов // Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов : Межвузовский сб. ст. / Под ред. В.С. Богданова. Т. Вып. XX. Белгород : Белгородский ГТУ им. В.Г. Шухова, 2021. С. 281-283.

12. Новиков Н.Н., Рычков В.А., Тихонова О.В., Ариткин А.Г. О приготовлении модифицированных минеральных удобрений в условиях сельскохозяйственных предприятий // Проблемы механизации агрохимического обеспечения сел. хоз-ва. 2016. № 10. С. 185-192.

13. Коротченя В.М. Цифровизация технологических процессов в растениеводстве России / В.М. Коротченя, Г.И. Личман, И.Г. Смирнов // С.-х. машины и технологии. 2019. Т. 13, № 1. С. 14-20. DOI 10.22314/2073-7599-2018-13-1-14-20.

14. Патент № 2773547 С1 Российская Федерация, МПК А01С 17/00, В01F 27/00. Туко-смесительная установка с обработкой биопрепаратами : № 2021136915 : заявл. 14.12.2021 : опубл. 06.06.2022 / С.А. Пехнов, В.С. Тетерин, Н.С. Панферов [и др.] ; заявитель ФГБНУ ФНАЦ ВИМ.

The Choice of a Promising Design of a Fertilizer Mixing Unit Using Computer Simulation Technologies

N.S. Panferov, V.S. Teterin,
S.A. Pekhnov, A.Yu. Ovchinnikov,
Yu.O. Lyashchuk
(FGBNU VNATS VIM)

Summary. The article deals with applying solid mineral fertilizers within the framework of the precision farming system. The use of complex mineral fertilizer compositions in the fields with an uneven demand for macroelements leads to the bigger amount of fertilizer applied, which has a detrimental effect on the ecology, the physical condition of the soil and the crop itself. It is proposed to use fertilizer mixtures the composition of which has been adjusted in fertilizer mixing units. The existing mixers have been analyzed, the processes occurring during operation of the screw, drum and centrifugal mixers were simulated. The results of the simulation showed that the unevenness coefficient k_c for the drum-type mixer was 8.6%, for the blade-type mixer 17.3, and for the centrifugal mixer 3.5%.

Key words: solid mineral fertilizers, precision agriculture, fertilizer mixtures, mixer, unevenness coefficient, process simulation.

ПРИГЛАШАЕМ ПРИНЯТЬ УЧАСТИЕ

XXIX МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ
ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ВЫСТАВКА

MVC: ЗЕРНО-КОМБИКОРМА-ВЕТЕРИНАРИЯ - 2024



19-21 ИЮНЯ

МОСКВА, ЭКСПОЦЕНТР, ПАВИЛЬОН № 7



СПЕЦИАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА:



МИНСЕЛЬХОЗ РОССИИ



РОССИЙСКИЙ
ЗЕРНОВОЙ СОЮЗ



АССОЦИАЦИЯ
«РОСРЫБХОЗ»



СОЮЗ
КОМБИКОРМИЩИКОВ



СОЮЗРОССАХАР



НАЦИОНАЛЬНАЯ
ВЕТЕРИНАРНАЯ
АССОЦИАЦИЯ



АССОЦИАЦИЯ ПТИЦЕВОДОВ
СТРАН ЕВРАЗИЙСКОГО
ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА



СОЮЗ ПРЕДПРИЯТИЙ
ЗООБИЗНЕСА



АССОЦИАЦИЯ
«ВЕТБИОПРОМ»



АССОЦИАЦИЯ
«ВЕТБЕЗОПАСНОСТЬ»



НАЦИОНАЛЬНЫЙ СОЮЗ
СВИНОВОДОВ



РОСПТИЦЕСОЮЗ



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПАРТНЕР
МОСКОВСКАЯ ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ПАЛАТА

ОРГАНИЗАТОР ВЫСТАВКИ: ООО «ЭМ-ВИ-СИ»



ТЕЛ.: (495) 755-50-35, 755-50-38
E-MAIL: INFO@EXPOKHNLEB.COM
WWW.MVCEXPO.RU



16+

УДК 631.3

DOI: 10.33267/2072-9642-2024-5-22-24

Многорежимная оптимизация газотурбинного наддува дизеля

П.А. Болоев,

д-р техн. наук, проф.,

boloev.pioter.irgsh@yandex.ru

(ФГБОУ ВО «БГУ им. Доржи Банзарова»);

А.А. Абидуев,

д-р техн. наук, доц.,

abana47@mail.ru

А.С. Пехутов,

д-р техн. наук, доц.,

pekhtov@mail.ru

(ФГБОУ ВО БГСХА);

Т.В. Бодякина,

канд. техн. наук, ст. препод.,

bodt1981@yandex.ru

(ФГБОУ ВО «ИрГАУ им. А.А. Ежевского»)

Аннотация. Рассматривается термогазодинамическая система двигателя, состоящая из ряда подсистем разной сложности. Решение задачи оптимизации в общем виде осуществляется в многошаговом итерационном процессе обмена информацией между уровнями многократно с уточнением при всех последовательных итерациях исходных данных. Разработаны математические модели газодинамических процессов в проточной части на переменных режимах, имитационная модель ГТН, модель многорежимной оптимизации ГТН. Оптимизация общережимных параметров осуществляется в пространстве точек, каждый из которых достигает минимума выражения по режимным параметрам.

Ключевые слова: оптимизация, модель, камера сгорания, дизельный двигатель, турбины.

Постановка проблемы

Термогазодинамическая система двигателя рассматривается как сложная система, состоящая из ряда подсистем разной сложности. Между подсистемами, находящимися на разных иерархических уровнях, существуют прямые и обратные связи. Поэтому решение задачи оптимизации в общем виде осуществляется в многошаговом итерационном процессе обмена информацией между уровнями и в каждом конкретном случае решается многократно с уточнением при всех последовательных итерациях исходных данных, полученных как выше, так и ниже иерархических уровней.

Неустановившийся процесс течения газа в подсистемах двигателя рассматривается как последовательный ряд квазиустановившихся течений, позволяющих использовать модели стационарных потоков [7, 8].

Специалистами кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» Хабаровского государственного технического университета (А.И. Каминским, В.А. Лашко, Л.А. Васильевой)

разработан метод уединенных волн для разветвленных систем выпуска и найдено числовое решение для течения в канале переменной площади с трением. Оно отражает основные стороны реальных нестационарных процессов в трубопроводах двигателей, дает более простое решение с математическим описанием.

В условиях эксплуатации автотракторных дизелей с газотурбинным наддувом (ГТН) происходит частая смена режимов работы [1, 2].

Цель исследований – разработка математической модели для дизельных двигателей с газотурбинным наддувом.

Материалы и методы исследования

Для решения задачи многорежимной оптимизации необходима разработка следующих математических моделей:

- газодинамических процессов в проточной части на переменных режимах;
- имитационная модель ГТН;
- модель многорежимной оптимизации ГТН.

Математическая модель представлена в виде алгоритмической модели и строится на базе прямой задачи турбины. Имитационная модель ГТН основывается на решении прямой задачи установки. Она состоит из регрессионных моделей турбины и компрессора в виде квадратичного полинома [3, 4]. Для возможности решения задачи производства вычленение модели камеры сгорания из имитационной модели ГТН.

Основными исходными данными являются:

- $N_{ГТН}^{(i)}$ – эффективная мощность ГТН ($i = \overline{1, n}$);
- $n_H^{(i)}$ – частота вращения нагрудочного устройства;
- свойства рабочего тела (K , R и др.).

В качестве варьируемых переменных выбраны: конструктивные углы входа β_1 и выхода β_2 , коэффициент избытка воздуха α_1 , высота лопатки l_z , диаметр рабочего колеса D_k , температура газа на входе в турбину T_0 , давление на выходе P_z и частота вращения n_T . Множество независимых переменных разбивается на множество общережимных параметров – $X = (\alpha_1, \beta_1, \beta_2, l_z, D_k, n_T)$ и множество векторов режимных параметров – $Z = (T_0, P_z)$. Множество Z формирует программу регулирования ГТН.

На область значений варьируемых переменных накладываются следующие ограничения:

- в виде равенства ($i = \overline{1, n}$)

$$N_T^{(i)}(\alpha_1, \bar{\alpha}_{CA}, l_z, \beta_1, \beta_2, \bar{l}_{kk}, D_k, n_0, T_0, P_z, Y, A_0) - (1) \\ - N_k^i(G_k, \eta_k) - N_{ном}^i = 0;$$

- в виде неравенства ограничения на сочетание угла выхода потока из сопел и угла входа потока на лопатки

$$\beta_1 - \alpha_1 \geq 0; \quad (2)$$

● прочностные ограничения

$$U_k(D_k, n_T^{(i)}) \leq 400 \dots 450 \text{ м/с}; \quad (3)$$

● ограничение на область адекватности модели турбины

$$M_{1t}^{\min} \leq M_{1t}(\alpha_1, l_z, \beta_1, \beta_2, D_k, T_{0i}, P_{zi}, Y, A_0) \leq M_{1t}^{\max}, \quad (4)$$

$$M_{w2t}^{\min} \leq M_{w2t}(\alpha_1, l_z, \beta_1, \beta_2, D_k, T_{0i}, P_{zi}, Y, A_0) \leq M_{w2t}^{\max}, \quad (5)$$

$$D_{cp}(l_z, D_k)/l_z \geq 8 \dots 10, \quad (6)$$

$$\rho_T(\alpha_1, l_z, \beta_1, \beta_2, D_k, T_{0i}, P_{zi}, Y, A_0) \leq 0,5. \quad (7)$$

Ограничения на область допустимых режимов работы:

● функциональное ограничение на область устойчивой работы компрессора

$$\frac{(\Pi_k(G))}{k} - (\Pi_k(G))_{\text{паб}} \geq 0, \text{ при } n = \text{const}, \quad (8)$$

$$\text{где } \Pi_k(G) = a_0 + a_1 G + a_2 G^2 + \dots + a_n G^n,$$

$$k = \frac{(\Pi_k(G_k))}{(\Pi_k(G))_{\text{паб}}} = 1, 1,5 \dots 1,2;$$

● ограничения по температуре газов перед турбиной

$$T_{0 \min} \leq T_0 \leq T_{0 \max}; \quad (9)$$

● ограничение по частоте вращения турбокомпрессорного блока

$$n^{\min} \leq n_T \leq n^{\max}. \quad (10)$$

Ограничения в виде границ, накладываемых на общережимные и режимные переменные ($i = 1, n$):

$$(\alpha_1)^{\min} \leq \alpha_1 \leq (\alpha_1)^{\max}, (l_z)^{\min} \leq l_z \leq (l_z)^{\max},$$

$$(\beta_1)^{\min} \leq \beta_1 \leq (\beta_1)^{\max}, (D_k)^{\min} \leq D_k \leq (D_k)^{\max}, \quad (11)$$

$$(\beta_2)^{\min} \leq \beta_2 \leq (\beta_2)^{\max}, (T_{0i})^{\min} \leq T_{0i} \leq (T_{0i})^{\max},$$

$$(P_{zi})^{\min} \leq (P_{zi}) \leq (P_{zi})^{\max}.$$

Результаты исследований и обсуждение

В качестве функции цели принимается КПД ГТН, осредненный ко всем режимам графика нагрузок без учета потерь в камере сгорания [8, 9]:

$$\eta_{\Sigma}^k(X, Z, Y) = \frac{\sum_{i=1}^n [N_e^{ГТН}(X, Y, Z) \cdot \Delta \tau]_i}{\sum_{i=1}^n [G_T(h_3 - h_4) \Delta \tau]_i}. \quad (12)$$

После преобразований функция цели сводится к суммарному количеству тепла, подводимого к установке на режимах, заданных графиком нагрузки.

$$Q_{\Sigma}(X, Z, Y) \rightarrow \min. \quad (13)$$

Поиск условного минимума функции цели осуществляется на двух уровнях: первый уровень (синтез проточной

части) – оптимизация по общережимным параметрам; второй (анализ переменных режимов и выбор рациональной программы регулирования) – оптимизация по режимным параметрам. На втором уровне оптимизации существует подуровень, на котором определяются параметры регрессионной модели на основе численного эксперимента по плану Бокса-Белкина с моделью переменного режима [5, 6, 9]. Таким образом, оптимизация общережимных параметров осуществляется в пространстве точек, каждый из которых достигает минимума выражения (13) по режимным параметрам.

Для повышения эффективности решения поставленной задачи произведено понижение размерности задачи и исключение ограничения (1) путем численного решения системы уравнений (1) относительно режимного параметра с последующей подстановкой найденных значений в соотношения, описывающие задачу. Выполнение функциональных ограничений (1), (4), (5) и (8) обеспечивается на уровне оптимизации по режимным параметрам, а область допустимых решений по общепринятым параметрам в основном ограничивается пространственным параметром и неравенствами (2), (3) и (6).

Вывод

Разработанная математическая модель двигателя может быть использована как инструментальный для проведения работ, связанных с проектированием проточных частей термодинамической системы, проектированием турбины турбокомпрессора, имеющей минимальную потерю на входе при заданных параметрах газа и частоте вращения ротора турбокомпрессора.

Список использованных источников

1. **Бердник А.Н.** Состояние и проблемы газотурбинного наддува четырёхтактных судовых дизелей // Научные проблемы водного транспорта. 2022. № 70. С. 64-76. DOI 10.37890/jwt.vi70.236.
2. **Бодякина Т.В.** Рабочие процессы регулирования дизеля / Т.В. Бодякина, П.А. Болоев, Е.В. Елтошкина, Н.О. Шелкунова // Известия Междунар. акад. аграрного образования. 2022. № 59. С. 9-16. EDN SMGVVR.
3. **Болоев П.А.** Разработка ресурсосберегающих технологий эксплуатации и диагностики транспортных машин в условиях Восточной Сибири / П.А. Болоев, С.Н. Шуханов. Иркутск: Иркутский национальный исследовательский ТУ, 2016. 151 с.
4. **Боннет Я.В.** Определение оптимального уровня технического состояния агрегата / Я.В. Боннет, А.С. Макаревич, В.В. Боннет // Приднепровский научный вестник. 2023. Т. 4. № 4. С. 37-39. EDN EYVOS.
5. **Бураева Г.М.** К методике оценки задержек в технологических процессах ремонта машин / Г.М. Бураева, И.В. Белоусов, А.В. Шиштейев, М.К. Бураев // Актуальные вопросы аграрной науки. 2023. № 48. С. 8-16. EDN KTRIGV.
6. **Ильин П.И.** Зависимость рабочих характеристик асинхронных двигателей осевых вентиляторов от частоты их вращения // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития : матер. Междунар. науч.-практ. конф. (г. Красноярск, 20-22 апреля 2021 г.). Т. 1. Ч. 2. Красноярск: Красноярский ГАУ, 2021. С. 232-235. EDN NZEWEN.

7. Катаев Ю.В. Бесконтактная диагностика двигателя трактора через CAN-интерфейс / Ю.В. Катаев, И.А. Тишанинов, Е.А. Градов // Техника и оборудование для села. 2023. № 8(314). С. 36-39. DOI 10.33267/2072-9642-2023-8-36-39. EDN SZBRR1.

8. Лебедев Б.О. Влияние параметров рабочих процессов судовых дизелей на процессы теплообмена в камерах сгорания / Б.О. Лебедев, С.П. Глушков, В.И. Кочергин // Морские интеллектуальные технологии. 2019. № 1-3(43). С. 42-46.

9. Моделирование сельскохозяйственных агрегатов и их систем управления / А.Б. Лурье, И.С. Нагорский, В.Г. Озеров и др.; под ред. А.Б. Лурье. Л.: Колос. Ленингр. отд-ние, 1979. 312 с.

Multi-mode Optimization of Diesel Engine Turbocharging

P.A. Boloev

(BSU named after Dorzhi Banzarov)

A.A. Abiduev, A.S. Pekhutov

(FSBEI BSAA)

T.V. Bodyakina

(IrSAU named after A.A. Ezhevsky)

Summary. The thermogasdynamic engine system consisting of a number of subsystems of varying complexity is considered. The solution to the optimization problem in general is carried out by a multi-step iterative process of exchanging information between the levels repeatedly with refinement for all successive iterations of the initial data. Mathematical models of gas-dynamic processes in the flow section in variable modes, the simulation model of a gas turbine engine, and the model of multi-mode optimization of a gas turbine engine have been developed. The optimization of general-mode parameters is carried out in the space of points each of which reaches a minimum expression for the mode parameters.

Key words: optimization, model, combustion chamber, diesel engine, turbines.

Информация

Биомасса
топливо и энергия
Конгресс & экспо

17-18 апреля 2024
Отель «Холидей Инн Лесная»
Москва

Форум «Биомасса: топливо и энергия - 2024» прошел в Москве

24 апреля 2024 года в Москве состоялся XVIII Международный Форум «Биомасса: топливо и энергия».

На специализированном отраслевом мероприятии профессионалы обсудили вопросы производства и применения жидких моторных и твердых котельных биотоплив из возобновляемого сырья. Организаторами Форума выступили **Центр Новых Технологий и Российская Биотопливная Ассоциация**.

В работе Форума приняли участие сельхозпроизводители, сахарные заводы, лесопереработчики, нефтяники, инженеринговые компании, производители оборудования, представители власти, науки, отраслевая пресса. Внимание собравшихся было обращено на состояние и перспективы производства и применения возобновляемых источников энергии природного происхождения, а именно: биоэтанола, биобутанола, бионефти, биогаза, пеллет и брикетов.

Президент Российской Биотопливной Ассоциации (РБА), канд. техн. наук **Алексей Аблаев** указал на динамику роста производства зерновых в России: «За последние 25 лет объемы производства пшеницы возросли втрое – с 47,8 млн т (1998 г.) до 147 млн т (2023 г.)». Нарастающий профицит и доступность этого биржевого товара делает его основным сырьем для производства биотоплива уже сейчас и на годы вперед.

Далее **Эдуард Аким**, д-р техн. наук, профессор, Почетный Член Консультативного Комитета ФАО ООН по устойчивости Лесного сектора напомнил собравшимся и о другом богатстве Российской Федерации – ее необъятных лесах, разумном их использовании. Наглядным примером движения в этом направлении служит использование вторичных волокон (макулатуры) в целлюлозно-бумажном производстве. В мире ежегодно производится более 450 млн т бумаги и картона, при этом 60 % из них – из вторичных волокон. Кратность использования макулатуры в ЦБП составляет 7-8 раз. Еще одним из элементов циркулярной биоэкономики станет переработка текстильных волокон (хлопка, джута), старой или ненужной одежды. Эти и другие (древесный уголь) возобновляемые биоресурсы рассматривают также с точки зрения топливной отрасли.

Марина Сидак, канд. экон. наук, независимый эксперт, консультант по агробизнесу в содружестве с Российским Зерновым Союзом представила подробный SWOT-анализ растущих рисков и открывающихся возможностей для отечественного аграрного бизнеса.

Дмитрий Арсеньев, генеральный директор, НПК Экология, и **Никита Дудкин**, заместитель генерального директора, НПК Экология, в своем докладе перешли к практическим аспектам проектирования и строительства заводов по производству топливного биоэтанола.

Компания рассказала о своем значительном опыте в осуществлении реальных проектов. Примером стали вопросы водоподготовки, очистки и водоотведения.

Ирина Абрамова, д-р техн. наук, директор ВНИИПБТ – филиала ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» подняла тему технологий переработки топинамбура с получением спирта.

Одна из сессий Форума была посвящена устойчивому авиационному топливу SAF (sustainable aviation fuels). Здесь **Михаил Ершов**, д-р техн. наук, заместитель заведующего кафедрой технологии переработки нефти по научной работе, Губкинский университет, представил обзор современного состояния рынка и технологий производства SAF-керосина на основе альтернативного сырья.

Александр Картошкин, д-р техн. наук, профессор кафедры «Автомобили, тракторы и технический сервис», Санкт-петербургский государственный аграрный университет, впечатлил собравшихся информацией об особенностях работы дизельных двигателей сельскохозяйственной техники (например, после пуска двигателя содержание воды в дизельном топливе можно увеличивать до 60%, при этом двигатель продолжит работать). Докладчик признает неизбежность перехода к более современным технологиям, однако указывает на полное отсутствие в настоящее время инфраструктуры, механизмов для таких нововведений в реальном сельском хозяйстве.

Майя Куликова, д-р хим. наук, главный научный сотрудник, Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева, провела экскурс в теорию и практику получения синтетических углеводородов – бионефти из угля по реакции Фишера-Тропша.

Владимир Тезов, генеральный директор, компания «Экореон», взяв за основу биогаз как источник возобновляемой энергии, представил собравшимся инвестиционный проект своей компании. Бизнес-план предполагает создание сети биогазовых станций по переработке ила с очистных сооружений и органических отходов с предприятий пищевой промышленности и сельского хозяйства. Запуск сети планируется с пилотного завода «Рождество» во Владимирской области, а затем еще 4 этапов расширения в период 2024-2028 гг. География проекта предполагает создание 25 станций в европейской и дальневосточной части России.

В течение рабочего дня Форума прозвучало 20 докладов. Участники рассмотрели значительное количество примеров, научных разработок и практических возможностей производства и применения самых различных видов биотоплива в современной экономике, перспектив дальнейшего развития биотопливной отрасли РФ.

В следующий раз специалисты соберутся вместе на Форуме «Биомасса: топливо и энергия» в апреле 2025 г.

УДК 633.522:631.352.5

DOI: 10.33267/2072-9642-2024-5-25-28

Инновационная жатка для уборки технической конопли с очесом стеблей на корню

С.Р. Мкртчян,
ген. директор,
penzmash@yandex.ru

В.Д. Игнатов,
советник по пр-ву с.-х. техники,
penzmash@yandex.ru

М.А. Федин,
канд. техн. наук, техн. директор,
penzmash@yandex.ru
(ПАО «Пензмаш»);

Р.А. Ростовцев,
чл.-корр. РАН, д-р техн. наук,
проф., гл. науч. сотр.,
r.rostovcev@fnclik.ru

Р.А. Попов,
канд. техн. наук, вед. науч. сотр.,
r.porov@fnclik.ru
(ФГБНУ ФНЦ ЛК)

Аннотация. Представлены результаты работы новой очесывающей жатки в агрегате с зерноуборочным комбайном на уборке технической конопли с очесом стеблей на корню. Анализ результатов показал, что жатка обеспечивает надежное выполнение технологического процесса, гарантирует очес семенных метелок со стеблей высотой до 2,2 м, чистоту очеса не менее 93%. Потери семян за жаткой составляют не более 5-7%.

Ключевые слова: техническая конопля, уборка конопли, очес, очесывающая жатка, многофункциональный агрегат, семена.

Постановка проблемы

Отечественное коноплеводство в нашей стране переживает второе рождение и представляется весьма перспективным направлением развития сельского хозяйства. В последнее время наблюдается положительная динамика увеличения посевных площадей технической конопли, валового сбора семян и пеньковолокна, что обусловлено расширением географии ее выращивания и возрастающим спросом на натуральную и экологически чистую продукцию. За последние

10 лет посевные площади культуры увеличились более чем в 5 раз – с 2,4 тыс. га (2014 г.) до 12 тыс. га (2023 г.), динамично растет валовой сбор пеньковолокна и семян [1-3].

Однако дальнейшее развитие коноплеводства сдерживается недостатком современных высокопроизводительных машин российского производства, поскольку именно уборка технической конопли является наиболее сложным и трудоемким этапом производства культуры [4-5], что обусловлено рядом факторов.

В период технической спелости стебли содержат прочные лубяные волокна и древесную составляющую (до 70%), при этом средняя высота стеблестоя составляет 2-2,5 м, а размер семенных метелок может достигать 1 м, значительно затрудняя процесс уборки [6]. Известная технология сбора семян технической конопли классическими зерновыми жатками путем срезания семенных метелок (примерно 1/3 части стебля) имеет ряд существенных недостатков. В комбайн попадает стеблевая масса, что создает огромную нагрузку на рабочие органы, вызывает частые намотки на вращающиеся элементы, забивание и нарушение технологического процесса, а также требует регулярной заточки или замены сегментов режущего аппарата. При этом уменьшается общая техническая длина стеблей как источника сырья для получения длинного пеньковолокна [7-8].

Решением данной проблемы представляется уборка технической конопли (на семена) методом очеса на корню семенной (верхушечной) части растений устройством очесывающего типа (очесывающей жаткой) без их срезания как наиболее перспективный способ уборки сельскохозяйственных культур. При этом исключается поступление стеблевой массы в молотильно-сепарирующее устройство комбайна, минимизируя риски выхода из строя рабочих органов. Это позволяет экономить до 70% энергии, которую уборочная машина расходует на деформацию соломы в молотилке, на 20-25% снизить расход топлива, увеличив производительность агрегата [9, 10].

Федеральным научным центром лубяных культур совместно с Пензенским машиностроительным заводом разработаны инновационный способ уборки технической конопли с очесом семенных метелок на корню и многофункциональный агрегат (конструктивно-технологическая схема) для его осуществления. Новизна технических решений подтверждена патентом РФ на изобретение (№ 2772915) [11].

Цель исследований – определение показателей качества работы новой очесывающей жатки для очеса стеблей на корню и оценка эффективности нового способа уборки технической конопли.

Материалы и методы исследования

В качестве основного метода исследования использовали производственные испытания новой очесывающей жатки с оценкой показателей качества её работы. Исследования проводились в уборочный сезон 2023 г. в производственных условиях коноплесеющего хозяйства (Удмуртская Республика, Глазовский район, д. Кожиль) при уборке технической конопли на площади 600 га. Объекты исследований – очесывающая жатка, технологический процесс уборки с очесом стеблей на корню. Исходные данные и характеристика стеблестоя технической конопли представлены в табл. 1.

В ходе исследований оценивалось качество процесса очеса при использовании очесывающих гребенок

Таблица 1. Исходные данные и характеристика стеблестоя конопли

Показатели	Значение
Сорт технической конопли	Родник
Урожайность семян в хозяйстве, ц/га	5
Стадия спелости семян	Полная
Полегание стеблестоя, балл (от 1 до 5)	5 (нет полегания)
Густота стеблестоя, шт/м ²	75-80
Ширина междурядий, см	16,6
Высота стеблестоя минимальная / максимальная, м	0,5/2,5
Диаметр стеблей на высоте очеса, мм	До 10
Средний диаметр семенных метелок, мм	35
Зона очеса семенных метелок (средняя), мм	300
Засоренность культуры, %	2-3

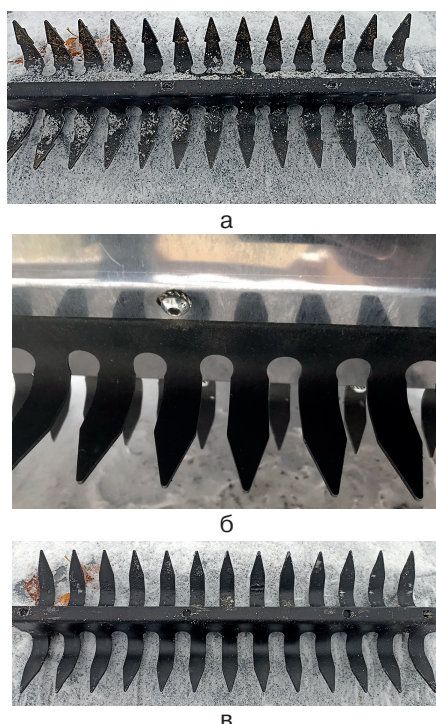


Рис. 1. Формы зубьев очесывающих гребенок:
а – стреловидная;
б – клиновидная с уширением во впадине;
в – клиновидная без уширения

Таблица 2. Технические характеристики новой очесывающей жатки

Показатели	Значение
Тип агрегатирования	Навесная
Ширина захвата конструкционная, м	6
Рабочая скорость, км/ч	До 12
Диаметр очесывающего барабана по гребёнкам, мм	700
Число:	
рядов очесывающих гребенок	10
очесывающих гребенок	110
Диаметр шнека, мм	500
Частота вращения, мин ⁻¹	
очесывающего барабана (min/max)	375/530 (620)
шнека	170/195
Управление подъёмом и опусканием очесывающей жатки	Посредством гидрораспределительного устройства
Габаритные размеры, мм	6700/2400/1220
Масса, кг	2300

с различной формой исполнения зубьев (рис. 1).

В процессе производственных испытаний определялись агротехнические показатели качества выполнения технологического процесса, согласно ГОСТ 33734-2016, а также эксплуатационно-технологические показатели и режимы работы очесывающей жатки в агрегате с энергосредством. Структурный состав очесанного вороха определяли в филиале ФГБУ «Российский сельскохозяйственный центр» по Удмуртской Республике по ГОСТ 9158-76.

Результаты исследований и обсуждение

В целях реализации совместной разработки в 2023 г. на Пензенском машиностроительном заводе был изготовлен опытный образец очесывающей жатки для уборки технической конопли с очесом стеблей на корню. Это инновационное очесывающее устройство разработано для агропредприятий России, занимающихся возделыванием технической конопли (на семена), которое по-

зволяет обеспечить импортозамещение дорогостоящей зарубежной техники. Ее отличительными особенностями от серийной жатки «ОЗОН» являются модернизированный каркас и форма обтекателя корпуса жатки, увеличенное пространство в очесывающей камере для очеса семенных метелок большого размера, применение очесывающих гребенок с новыми формами зубьев и увеличенным зазором между ними для гарантированного очеса стеблей. Основные технические характеристики новой очесывающей жатки приведены в табл. 2 [12].

Очесывающая жатка агрегируется с энергосредством, которым является зерноуборочный комбайн 5-6 класса, в данном случае – с комбайном «ACROS-550» (производства ООО «Комбайновый завод Ростсельмаш»). Жатка навешивается на наклонную камеру комбайна, привод (вращение ротора и шнека) осуществляется через цилиндрический двухступенчатый редуктор, соединенный с наклонной камерой через карданный

вал. Общий вид очесывающей жатки в агрегате с комбайном представлен на рис. 2.

Очесывающая жатка в агрегате с зерновым комбайном представляет собой многофункциональный агрегат, который в процессе уборки выполняет несколько технологических операций. Уборка технической конопли с очесом на корню исключает срезание верхушечной части стебля, содержащей прочные лубяные волокна, при этом сохраняется техническая длина стеблей для производства длинного пеньковолокна. За счет отсутствия в очесанном ворохе стеблевой массы обеспечиваются качественный обмолот и очистка семян без дополнительной нагрузки на рабочие органы уборочной машины. Схема нового способа уборки представлена на рис. 3.

Технологический процесс работы многофункционального агрегата осуществляется следующим образом. При движении по полю обтекатель очесывающей жатки воздействует на верхушечную часть технической конопли, где



а



б

Рис. 2. Многофункциональный агрегат для уборки технической конопли:

а – вид на очесывающий барабан с гребенками и обтекатель; б – общий вид



Рис. 3. Схема способа уборки технической конопли с очесом на корню

расположены семенные метелки. При этом стебли наклоняются вперед, захватываются гребенками очесывающего барабана и протягиваются сквозь щели между зубьями гребенок, освобождаясь от семенного вороха. Очесанный ворох с помощью шнека жатки передается через наклонную камеру комбайна в молотильно-сепарирующее устройство на обмолот, а полученные семена подвергаются первичной очистке и затем транспортируются в бункер, из которого выгружаются в транспортное средство.

По результатам производственной проверки установлено следующее. Многофункциональный агрегат обеспечивает выполнение технологического процесса и высокую производительность работы (6-7 га/ч), что обусловлено повышенной скоростью уборки (8-10 км/ч), большой шириной захвата жатки (6 м) и эффективной системой обмолота и очистки комбайна. За счет увеличенного пространства очесыва-

ющей камеры обеспечивается гарантированный очес стеблей высотой до 2,2 м. Очес более высоких стеблей затруднен из-за ограниченной конструктивной высоты подъема жатки. Наилучшее качество очеса достигается на завышенной частоте вращения очесывающего барабана (620 мин⁻¹) с использованием гребенок с клиновидными зубьями без уширения во впадине (см. рис. 1в) за счет прямолинейности формы, не имеющей излишних выступов и впадин. На I передаче редуктора очесывающей жатки (частота

вращения 375 мин⁻¹) существенно снижается качество очеса и образуются намотки растительной массы на очесывающий барабан. Присутствие намоток также объясняется наличием острых кромок неприработанных деталей барабана, за которые цеплялись волокнистые стебли, особенно на высоком стеблестое (более 2,2 м), чему способствовала повышенная влажность при уборке из-за неблагоприятных погодных условий, а также прочная лубоволокнистая структура растительного материала, к которому относится техническая конопля.

Эксплуатационно-технологические показатели работы многофункционального агрегата и основные показатели качества выполнения технологического процесса представлены в табл. 3.

Очесывающее устройство показало удовлетворительные результаты по потерям семян. Это обусловлено значительной ярусностью посевов, наличием стеблей высотой менее 0,5 м и маленькой шириной междурядий (16,6 см), что не характерно для семенных посевов технической конопли. Структурный состав очесанного вороха согласно протоколу испытаний представлен на рис. 4.

Как видно из диаграммы, чистота семян составляет не менее 76%, осталь-

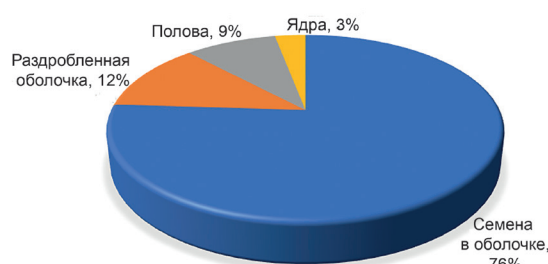


Рис. 4. Структурный состав очесанного вороха

Таблица 3. Показатели качества работы многофункционального агрегата

Показатели	Значение
Эксплуатационно-технологические показатели	
Производительность в час, га:	
основного времени	До 7,0
технологического	6,6
Рабочая скорость движения агрегата, км/ч	8-10
Оптимальная частота вращения очесывающего барабана жатки, мин ⁻¹	620
Затрачиваемая мощность двигателя комбайна, л.с.	280
Скорость воздушного потока от гребенок в центре барабана /по краям, м/с	1,3/3,4
Коэффициент надежности выполнения технологического процесса	0,98
Обслуживающий персонал	1
Агротехнические показатели качества выполнения процесса	
Чистота очеса (не менее), %	93
Влажность очесанного вороха, %	25
Повреждение стеблей – всего (не более), %	10-15
Потери семян за жаткой – всего (не более), %	5-7
Цвет, запах семян	Нормальный

ное (24%) – органические примеси: разрушенные оболочки семян (12%), полова и прочие примеси (9%), ядра конопли (3%). Это объясняется некорректной настройкой и регулировкой молотильно-сепарирующего устройства комбайна, а также варьированием режимов работы агрегата в ходе проведения испытаний.

После очеса семенных метелок в поле остается очесанный стеблестой высотой в среднем от 0,8 до 2,2 м в стоячем положении (85-90%), а также примятый колесами комбайна (10-15%) для приготовления тресты на корню.

Выводы

1. По результатам испытаний получены показатели качества и режимы работы новой очесывающей жатки в агрегате с зерновым комбайном, обе-

спечивающей гарантированный очес семенных метелок со стеблей высотой до 2,2 м, чистоту очеса не менее 93% и получение первично очищенных семян, потери семян за жаткой составили не более 5-7% при частоте вращения очесывающего барабана 620 мин⁻¹. Максимальная производительность (до 7 га/ч) была получена при скорости движения агрегата 10 км/ч, что на 30% выше аналогичного показателя, полученного при уборке классическими зерновыми жатками.

2. Результаты производственных испытаний показали, что новая очесывающая жатка обеспечивает надежное выполнение технологического процесса и приемлемые агротехнические и эксплуатационно-технологические показатели работы. Коэффициент надежности технологического процесса составил 0,98.

3. Полученные результаты подтверждают эффективность разработки нового способа уборки с очесом на корню и устройства для его осуществления. Устранение намоток на очесывающий барабан будет достигнуто незначительной конструктивной доработкой жатки. Производить очес высокого стеблестоя (более 2,2 м) рационально путем разработки гидравлических пантографов для очесывающей жатки, после чего ее испытания будут продолжены.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках Государственного задания ФГБНУ ФНЦ ЛК (№ FGSS-2022-0005).

Список использованных источников

1. Кабунина И.В. Современная структура мирового рынка производства конопли // Международный с.-х. журнал. 2021. № 4 (382). С. 40-44.
2. Басова Н.В., Новиков Э.В. Анализ производства лубяных культур в России за период импортозамещения // Технические культуры. Научный с.-х. журнал. 2023. № 2(3). С. 54-63.
3. ЕМИСС. Государственная статистика. Посевные площади и валовые сборы сельскохозяйственных культур в хозяйствах всех категорий [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/31328> (дата обращения 11.01.2024).
4. Давыдова С.А., Попов Р.А., Голубев И.Г. Техническое обеспечение возделывания и уборки безнаркотической конопли

// Техника и оборудование для села. 2020. № 8. С. 12-17.

5. Ростовцев Р.А., Ущиповский И.В., Голубев И.Г., Мишуров Н.П. Машинно-технологическое обеспечение возделывания и переработки прядильных культур. ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. 153 с.

6. Пашин Е.Л., Жукова С.В., Пашина Л.В., Степанов Г.С. Исследование морфологических и технологических свойств стеблей новых сортов конопли // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной пром-ти. 2010. № 4 (325). С. 21-24.

7. Попов Р.А., Бакулова И.В. Результаты полевых исследований уборки технической конопли по различным технологиям // Аграрный научный журнал. 2022. № 7. С. 108-112.

8. Бакулова И.В. Влияние способа уборки конопли посевной на урожайность и качество семян в условиях Среднего Поволжья // Аграрный научный журнал. 2023. № 8. С. 17-23.

9. Очес растений на корню с предварительной сепарацией свободного зерна / В.Н. Ожерельев [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. 2022. № 1. С. 73-79.

10. Черников В.Г., Ростовцев Р.А., Соловьев С.В. Исследования параметров и режимов работы аппарата для очеса льна на корню // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2021. Т. 15. № 2. С. 13-18.

11. Ростовцев Р.А., Попов Р.А., Пучков Е.М. Инновационный способ уборки технической конопли и схема многофункционального агрегата для его осуществления // Аграрная наука. 2023. № 7. С. 129-133.

12. Пензмаш. Официальный сайт [Электронный ресурс]. URL: <https://penzmash.ru/root/tehnicheskie-harakteristiki-zhatki-ozon/> (дата обращения 01.11.2023).

Innovative Header for Harvesting Industrial Hemp with Combing of Standing Stems

S.R. Mkrtchyan, V.D. Ignatov, M.A. Fedin (PJSC "Penzmash")

R.A. Rostovtsev, R.A. Popov (FGBNU FNTs LK)

Summary. The results of the work of a new combing header in conjunction with a harvester-thresher for harvesting industrial hemp with combing of standing stems are presented. Analysis of the results showed that the header ensures reliable execution of the technological process and guarantees the combing of seed panicles from stems up to 2.2 m high, and the combing purity of at least 93%. Seed losses behind the header are no more than 5-7%.

Key words: industrial hemp, hemp harvesting, combing, combing header, multifunctional unit, seeds.

УДК 631.3

DOI: 10.33267/2072-9642-2024-5-29-32

Давление на почву колес бункеров-перегрузателей зерна

В.И. Скорляков,

канд. техн. наук, вед. науч. сотр.,
skorlv@yandex.ru

В.Ю. Ревенко,

канд. техн. наук, ученый секретарь,
skskniish@rambler.ru

(Новокубанский филиал
ФГБНУ Росинформагротех [КубНИИТиМ]);

М.В. Дулясова,

канд. техн. наук, д-р экон. наук,
врио директора,
fgnu@rosinformagrotech.ru

(ФГБНУ «Росинформагротех»)

Аннотация. Представлен анализ размерно-массовых характеристик бункеров-перегрузателей зерна вместимостью 22–50 м³. Приведены параметры применяемых шин, значения вертикальных воздействий на сцепное устройство трактора и опорных колес бункера на почву. Представлены максимальные давления колесных движителей на почву по сравнению с регламентированными допустимыми значениями.

Ключевые слова: бункеры-перегрузатели, размерно-массовые параметры, колесные движители, давление на почву.

Постановка проблемы

Вместимость технологических ёмкостей техники, перемещаемой по полям при уборке зерновых культур, за последние годы значительно выросла: зерноуборочных комбайнов – до 12 м³ (комбайны семейства Торум); бункеров-перегрузателей (БП) – до 50 м³. Необходимо заметить, что даже в те годы, когда хозяйства были оснащены комбайнами с вдвое меньшей вместимостью (семейства «Дон-1500»), применяемые для отвоза зерна транспортные средства воздействовали на почву с большей интенсивностью, чем «Дон-1500» [1]. Очевидно, что передвижение по полям автомобилей при отвозе зерна от современной высокопроизводительной уборочной техники связано с еще более интенсивным сверхнормативным воздействием на почву [2].



Рис. 1. Общий вид тракторно-транспортного агрегата

В последние годы в зерносеющих хозяйствах распространяются бункеры-перегрузатели, предназначенные для перевозки зерна от комбайнов и перегрузки в автомобили на краю поля для доставки на ток. Конструктивные особенности БП в отличие от автомобилей позволяют применять шины увеличенной ширины с уменьшенным внутришинным давлением, а также выбирать необходимое число осей и колес (рис. 1).

Во многих публикациях последних лет отмечается перспективность оснащения уборочно-транспортных звеньев БП для перевозок зерна от комбайнов и перегрузки в автомобили на краю поля [3]. Ряд исследователей считают, что применение БП с увеличенной шириной колес является обязательным требованием к транспортировке зерна от комбайнов [4] и связывают с их внедрением решение проблемы переуплотнения почвы [5]. Однако при этом остаются неизвестными фактические показатели воздействия на почву указанных транспортных агрегатов [6]. Информация о показателях давления БП на почву отсутствует как в протоколах испытаний, так и в научных публикациях. Сельхозтоваропроизводители приобретают БП преимущественно для отвоза зерна от комбайнов на край поля, доверяя рекламной информации о незначительном уплотнении ими почвы.

Учитывая широкий размерный ряд БП, разнообразие их колесных схем,

а также неоднозначность рекомендаций по числу обслуживаемых комбайнов (и требуемой вместимости бункеров), анализ влияния на почву движителей современных БП при их работе в составе уборочно-транспортного звена является актуальным.

Необходимо также отметить, что в настоящее время отсутствует простой и надежный алгоритм оценки максимального давления на почву предлагаемых на рынке БП. В связи с этим актуальна также выработка приемлемого для специалистов-производственников упрощенного метода оценки уровня воздействия на почву колес БП.

Цель исследования – определение среднего и максимального давления на почву ходовых систем бункеров-перегрузателей широкого размерного ряда грузоподъемностью 16–38 т.

Материалы и методы исследования

Бункер-перегрузатель в агрегате с трактором рассматривали как тракторно-транспортный агрегат с полуприцепом. При этом объектом исследования были показатели силовых воздействий колес бункеров-перегрузателей на почву. Это продиктовано необходимостью первоначальной раздельной оценки воздействия на нее БП и трактора, так как трактор может быть оснащен как одинарными, так и сдвоенными колесами, а колеи колес при проходе агрегата могут совпадать

полностью или частично с колеями трактора.

В соответствии с ГОСТ Р 52746-2007 [7] учитывали требования к полуприцепам: вертикальная статическая нагрузка на сцепное устройство трактора от полуприцепа должна быть не менее 3% массы порожнего прицепа и не менее 500 Н при разгрузке. Данная величина подлежит оценке при испытаниях, однако в открытых источниках практически не приводится.

Определение максимального давления колес на почву с применением действующих стандартов выполнялось в следующей последовательности:

- определение вертикальной нагрузки от БП с допустимой нагрузкой (известной из технической характеристики данной марки) на сцепное устройство трактора;
- определение средней вертикальной нагрузки на колесную часть и в среднем на одно колесо БП;
- нахождение контурной площади пятна контакта протектора шины на жестком опорном основании;
- расчет среднего давления на почву как частного от деления нагрузки на колесо на площадь пятна контакта шины;
- определение максимального давления на почву (в вертикальной плоскости оси колеса).

Значение площади пятна контакта шины колеса, а также максимальное давление на почву (в вертикальной плоскости по оси колеса) определяли согласно методике ГОСТ Р 58656-2019 [8]. Значения допустимого давления на почву принимали по ГОСТ Р 58655-2019 [9].

При оценке площади пятна контакта использовали значения давлений в шинах, рекомендуемые в технических характеристиках.

Особенность определения силового воздействия колес БП на опорное основание состоит в том, что эксплуатационная масса БП и масса загруженного зерна воздействуют не только на его колеса, но частично на сцепное устройство трактора, так как конструктивно бункер-перегрузчик представляет собой полуприцеп. Это обеспечивается некоторым смещением центра тяжести БП в сторону сцепного устройства (как при отсутствии зерна, так и при заполненном бункере). При отсутствии

информации о нагрузке на сцепное устройство оно может быть найдено с помощью взвешивания трактора на автомобильных весах с расположением зацепленного БП вне платформы весов. По результатам отдельного взвешивания расцепленного трактора, по разнице результатов можно получить значение дополнительной нагрузки от массы полуприцепа как при пустом, так и при заполненном бункере.

Результаты исследований и обсуждение

Фактические значения вертикальной нагрузки на сцепное устройство трактора для БП разной вместимости, по данным их производителей, составляют 2,5-4,3 т без закономерных различий от параметров вместимости БП (табл. 1). Следует отметить, что данные значения не превышают допустимых нагрузок на навесные устройства тракторов, при этом вместимость бункера в рассматриваемых вариантах изменяется от 22 до 50 м³. Примечательно, что если эксплуатационная масса БП изменяется с 5 до 12,57 т, т.е. в 2,5 раза, то максимальная масса перевозимого груза изменяется примерно в той же пропорции – в 2,4 раза (от 16 до 38 т).

Однозначных обоснованных рекомендаций по вместимости бункера-перегрузителя пока нет, однако большинство исследователей считают достаточной вместимость, кратную трем ёмкостям бункеров обслуживаемых комбайнов. Исходя из наибольшей вместимости бункера отечественных комбайнов – 12 м³ (семейство «Торум»), для бункеров 40 м³ превышение опти-

мальной вместимости составит 4 м³, а 50 м³ – 14 м³.

Вполне очевидно, что излишняя вместимость и повышенное число перевозов к комбайнам для приема зерна приводит к росту уплотняемой площади поля в совокупности с ростом давления на почву. При этом необходимо повышение энергозатрат, а в ряде случаев и применение трактора с большей мощностью.

Из табл. 1 следует, что для снижения удельного давления на почву БП с повышенной грузоподъемностью оснащают большим числом осей и колес. Так, при общей массе с зерном 21 и 28,5 т БП оснащены двумя осями с четырьмя колесами, при 41,5 и 42,25 т – тремя осями с шестью колесами, а при более 50 т – применяют бункеры с четырьмя осями и восемью колесами.

Согласно расчетам, выполненным в соответствии с методикой, максимальное давление колес порожних БП на почву (без зерна) для представленных пяти образцов находится в пределах 154,8-205,5 кПа, т.е. в основном соответствует допустимому уровню (210 кПа). Но при заполнении зерном – 315,2-409,3 кПа (табл. 2), значительно его превышает.

Для сравнения: у полуприцепов ПСТ-9 и ПСТБ-12 грузоподъемностью 9 и 12 т максимальное давление колес на почву еще выше и равно соответственно 428,6 и 548,2 кПа из-за относительно небольшой площади пятна контакта применяемых шин 16,5/70-18 (НС10) шириной 430 мм [10]. При этом максимальное давление на почву зерноуборочных комбайнов КЗС-3219 и «Торум-780»

Таблица 1. Размерно-массовые параметры БП и их вертикальные воздействия на сцепное устройство трактора

Показатели	Марки БП				
	ПТ-5	ГТ-30 (ПБН-30)	Тонар- БП-15	ГТ-40 (ПБН-40)	ГТ-50 (ПБН-50)
Производитель	ООО МЗ «ТОНАР»	ИП «Козубенко»	ООО МЗ «ТОНАР»	ИП Козубенко	
Вместимость бункера, м ³	22	30	40	40	50
Число осей/колес	2/4	2/4	3/6	3/6	4/8
Масса, т:					
эксплуатационная	5,0	7,2	11	9,7	12,57
груза (максимальная)	16	21,3	30,5	32,55	38
общая (с заполненным бункером)	21	28,5	41,5	42,25	50,57
Вертикальная нагрузка на сцепное устройство трактора, т (от общей массы, %)	2,5 (11,9)	3,02 (10,6)	2,5 (6,0)	4,3 (10,2)	3 (5,9)

с заполненными бункерами составляет соответственно 252 и 287 кПа [11], что значительно выше допустимого уровня (в зависимости от влажности почвы – 210 или 180 кПа), но меньше, чем у бункера-перегрузателя и транспортных полуприцепов.

Для БП GT-30 (ПБН-30) с тремя предлагаемыми вариантами комплектации шинами определим влияние параметров шин на изменение максимального давления на почву (табл. 3).

При установке на БП колес с шинами основной комплектации размер-

ности 560/60R22,5 получим величину максимального давления на почву 409,3 кПа, которая превышает допустимый уровень (210 кПа) на 199,3 кПа.

При выборе более широких колес с шинами 650/55R26,5 (из числа рекомендуемых) по сравнению с шинами основной комплектации (560/60R22,5) максимальное давление колеса на почву может быть уменьшено на 62,9 кПа (с 409,3 до 346,4 кПа), или на 15,4%. Но и в этом случае давление на почву на 65% превысит регламентируемый по ГОСТ Р 58655-2019 [9] максимально допустимый уровень в 210 кПа. При более высокой влажности почвы и соответствующем допустимом давлении 180 кПа (что также вероятно в период уборочных работ) превышение данного предела давления достигает 92,2%.

Необходимо отметить, что установленному стандарту допустимому давлению на почву в 210 кПа бункер-перегрузатель ПБН-30 соответствует только в незагруженном состоянии (при 173,9, 198,6 и 205,5 кПа – в зависимости от размеров используемых шин).

БП предназначены для передвижения по полю и приема зерна из бункеров нескольких комбайнов. Очевидно, что вместимость бункеров обслуживаемых комбайнов может быть разной и в процессе передвижения по полю к каждому очередному комбайну максимальное давление колес БП на почву изменяется пропорционально массе загруженного зерна (рис. 2).

В настоящее время определение массы зерна, выгруженного каждым комбайном, достигается посред-

Таблица 2. Результаты расчетов максимального давления колес БП на почву

Показатели	Марки БП				
	ПТ-5	GT-30 (ПБН-30)	Тонар-БП-15	GT-40 (ПБН-40)	GT-50 (ПБН-50)
Производитель	ООО МЗ «ТОНАР»	ИП «Козубенко»	ООО МЗ «ТОНАР»	ИП «Козубенко»	
Диапазон нагрузок на сцепное устройство трактора, т	0,6-2,5	0,78-3,02	0,72-2,5	0,98-4,3	0,62-2,5
Нагрузка на колесную часть БП, т:					
при пустом БП	4,4	6,42	10,28	8,72	11,95
заполненном БП	18,5	25,48	39,0	37,95	47,57
Средняя нагрузка на колесо, кг:					
при пустом БП	1100	1605	1710	1450	1490
заполненном БП	4620	6370	6500	6325	5950
Варианты комплектации шинами	560/60R22,5; 16,0×22,5	560/60R22,5; 650/50R22,5; 650/55R26,5	710/50R 26,5; 28×26,5	650/55R26,5	560/60R22,5
Площадь контакта шин с опорой, м²:					
при пустом БП	0,093	0,102	0,138	0,115	0,102
заполненном БП	0,19	0,203	0,269	0,24	0,204
Среднее давление в пятне контакта шин, кПа:					
при пустом БП	118,6	157,5	124	126,2	146,1
заполненном БП	243,2	313,8	241,7	263,5	291,8
Максимальное давление на почву, кПа:					
при пустом БП	154,8	205,5	161,7	164,6	189,9
заполненном БП	317,2	409,3	315,2	343,8	380,7

Таблица 3. Изменение показателей при разных рекомендуемых шинах для бункеров-перегрузателей GT-30 (ПБН-30)

Показатели	Маркировка шин		
	560/60R22,5	650/50R22,5	650/55R26,5
Давление в шинах, кПа	350	350	350
Площадь контакта шин с опорой, м²:			
при пустом БП	0,102	0,105	0,12
заполненном БП	0,203	0,21	0,24
Среднее нормальное давление в пятне контакта шин, кПа:			
при пустом БП	157,5	152,3	133,3
заполненном БП	313,5	303,4	265,5
Максимальное давление на почву, кПа:			
при пустом БП	205,5	198,6	173,9
заполненном БП	409,3	395,7	346,4



Рис. 2. Выгрузка зерна на краю поля

ством оснащения БП специальными весовыми системами (по желанию потребителя). Поэтому расчетные значения максимального давления при передвижении между комбайнами для БП можно определить по графикам (рис. 3). При этом необходимо учитывать, что, помимо зерна, колесная часть БП включает в себя нагрузку на колесную его часть при пустом БП.

Представленные на рис. 3 зависимости максимального давления на почву от массы, приходящейся на колесную часть БП, индивидуальны для каждого из пяти исследуемых образцов техники и соответствуют следующим выражениям:

- график 1: $y = 11,518x + 104,12$;
- график 2: $y = 10,67x + 137,21$;
- график 3: $y = 5,218x + 107,54$;
- график 4: $y = 6,018x + 115,74$;
- график 5: $y = 5,649x + 112$.

С применением полученных зависимостей представляется возможной оценка максимального давления при частичном заполнении емкости БП (после каждой очередной выгрузки зерна комбайном).

Различия полученных выражений обусловлены изменением параметров БП (число колес, размеры шин и др.). Более интенсивное нарастание максимального давления (прямые 1 и 2) характерно для двухосных БП (по сравнению с трехосными). Это свидетельствует о целесообразности увеличения числа опорных колес БП для обеспечения меньших значений максимального давления. Также целесообразно комплектование БП шинами с увеличенными размерами (например – 650/55R26,5).

Выводы

1. Средняя вертикальная нагрузка на одно колесо для двух-, трех- и четырехосных бункеров-перегрузателей составляет 5950–6500 кг вне зависимости от числа осей и колес. Представленные в данном исследовании образцы воздействуют на навесное устройство трактора с усилием в пределах 2,5–4,3 т при допустимой грузоподъемности 21,3–38 т.

2. Заполненные зерном двух-, трех- и четырехосные БП с максимальной грузоподъемностью 21,3–38 т при комплектации стандартными шинами оказывают максимальное давление на

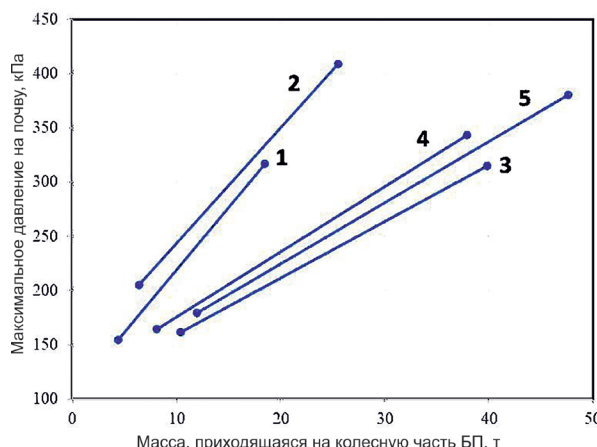


Рис. 3. Максимальное давление колес БП в зависимости от реализации потенциала грузоподъемности:
 1 – ПТ-5;
 2 – GT-30 (ПБН-30);
 3 – Тонар-БП-15;
 4 – GT-40 (ПБН-40);
 5 – GT-50 (ПБН-50)

почву в диапазоне 315,2–409,3 кПа. Применение шин увеличенных размеров (650/55R26,5) позволяет снизить максимальное давление на почву лишь на 15,4% (с 409,3 до 346,4 кПа).

3. Приведенная в работе аналитическая зависимость степени воздействия на почву от суммарной эксплуатационной массы пяти производственных образцов бункеров-перегрузателей позволяет определять максимальное давление колес на почву при частичной загрузке БП.

4. Допустимое стандартом давление колес бункеров-перегрузателей на почву может быть обеспечено реализацией комплекса конструкторских решений (увеличение размерных параметров и числа опорных колес, ограничение вместимости кузова – не более трех объемов бункера комбайна).

Список использованных источников

1. Русанов В.А. Проблема переуплотнения почв движителями и эффективные пути ее решения. М.: ВИМ, 1998. 368 с.
2. Botta G.F., Tolyn-Becerra A., Rivero D., Laureda D., Ramnrez-Roman M., Lastra-Bravo X., et al. (2016). Compactness produced by combine harvest traffic: effect on soil and soybean (*Glycine max* L.) yields under direct sowing in argentinean pampas. *Eur. J. Agron.* 74, 155–163. doi: 10.1016/j.eja.2015.12.011.
3. Дьячков А.П., Трофимова Т.А., Колесников Н.П. и др. Совершенствование транспортно-технологического процесса функционирования машин и комплексов // Вестник Воронежского ГАУ. 2017. № 1 (52). С. 94–101.
4. Абаев В.В. Требования к комплексной механизации работ уборочного комплекса // Техника и оборудование для села. 2011. № 5. С. 31–33.
5. Захаров А.М., Мурзаев Е.А., Комодов А.Д., Иванов Д.Ю. Теоретические предпосылки к определению глубины залегания и величины уплотнённого слоя

почвы // АгроЭкоИнженерия. 2023. № 4 (117). С. 14–32 <https://doi.org/10.24412/2713-2641-2023-4117-14-32>.

6. Дьячков А.П., Колесников Н.П., Бровченко А.Д. и др. Методика определения оптимальной грузоподъемности бункера зерноуборочного комбайна // Вестник Воронежского ГАУ. 2015. № 4 (47). Ч. 2. С. 92–99.

7. ГОСТ Р 52746-2007 Прицепы и полуприцепы. Общие технические требования. М.: Стандартинформ. 2007. 6 с.

8. ГОСТ Р 58656-2019 Техника сельскохозяйственной мобильная. Методы определения воздействия движителей на почву. М.: Стандартинформ. 2019. 20 с.

9. ГОСТ Р 58655-2019 Техника сельскохозяйственной мобильная. Нормы воздействия движителей на почву. М.: Стандартинформ, 2019. 6 с.

10. Определение показателей уровня воздействия колесных движителей тракторных прицепов на почву / Г.И. Гедроит, С.В. Занемонский, Т.А. Варфоломеева, М.И. Сулейманов // Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сел. хоз-ве : матер. Междунар. науч.-практ. конф.: в 2-х ч. (Минск, 24–25 октября 2019 г.). Т. Ч. 1. Минск: Белорусский ГАТУ, 2019. С. 169–171.

11. Скорляков В.И., Ревенко В.Ю. Особенности воздействия на почву зерноуборочных комбайнов // Техника и оборудование для села. 2022. № 1(295). С. 25–29.

Pressure of the Wheels of Grain Transfer Bins on the Soil

V.I. Skorlyakov, V.Yu. Revenko

(Novokubansk branch of

FGBNU Rosinformagrotech [KubNIITiM])

M.V. Dulyasova

(FGBNU "Rosinformagrotech")

Summary. The size and mass characteristics of 22–50 m³ grain transfer bins were analyzed. The parameters of the tires used, the values of the vertical impacts on the tractor coupling device and the bunker support wheels on the soil are given. The maximum pressures of wheel vehicles on the soil are compared with the regulated permissible values.

Key words: grain transfer bins, size and mass parameters, wheel vehicles, pressure on the soil.

УДК 631.3:004

DOI: 10.33267/2072-9642-2024-5-33-36

Определение точности результатов обработки проб мобильными сепараторами при экспресс-оценке потерь зерна зерноуборочными комбайнами

С.В. Тронеv,

д-р техн. наук, доц.,

stronev@mail.ru

(ФГБОУ ВО «Волгоградский ГАУ»);

М.Е. Чаплыгин,

канд. техн. наук

(ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

А.И. Новиков,

аспирант,

Е.Г. Соколов,

аспирант

(ФГБОУ ВО «Волгоградский ГАУ»)

Аннотация. Выполнен обзор современных сепараторов для экспресс-оценки потерь зерна за зерноуборочными комбайнами и выявлены их ключевые конструкционные особенности. Определена точность результатов обработки проб мобильными сепараторами по сравнению с ручной обработкой.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, потери зерна, мобильный сепаратор, точность обработки пробы.

В процессе эксплуатации зерноуборочного комбайна важным показателем, определяющим скоростной режим и технологические регулировки рабочих органов, являются потери зерна [2]. При определении данного показателя с высокой точностью возникают ошибки при отборе и обработке проб, а также подсчете результатов измерений [3, 8-10].

Порядок определения потерь зерна комбайном, изложенный в ГОСТ, включает в себя отбор проб в течение контрольной смены с помощью резиновых эластичных пробоотборников. Из проб выделяют зерно, определяют его массу и рассчитывают суммарные потери его комбайном. Если эти потери определяются с помощью экспресс-метода, то для выделения зерна из пробы применяют мобильный сепаратор [1].

К мобильному сепаратору предъявляются следующие требования: мобильность, компактность, высокое качество сепарации, универсальность к различным сельскохозяйственным культурам. Чтобы отвечать всем требованиям, существующие конструкции сепараторов представляют собой разборные малогабаритные секции, в которых установлен сетчатый элемент с возможностью замены сетки с другим

размером ячеек [7], вентилятор с регулятором оборотов для регулировки скорости воздушного потока, аккумулятор [4]. Однако у этих сепараторов отсутствует возможность дополнительного воздействия или ворошения обрабатываемой пробы на сите.

Цель исследования – определение точности результатов обработки проб современными мобильными сепараторами, имеющими функцию дополнительного воздействия или ворошения обрабатываемой пробы на сите, при экспресс-оценке потерь зерна зерноуборочными комбайнами.

Материалы и методы исследования

В сепараторе верхняя секция снабжена ситом и его держателем, а над ситом размещен ворошитель (рис. 1) [5],

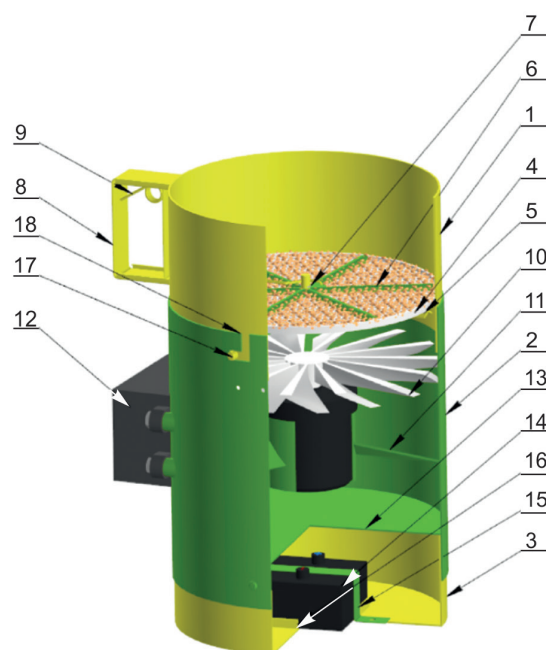


Рис. 1. Сепаратор очистки проб зерна для оценки работы уборочных машин:

1 – верхняя секция; 2 – центральная секция; 3 – нижняя секция питания; 4 – сито; 5 – держатель сита; 6 – ворошитель; 7 – фиксатор с осью; 8 – рукоятка; 9 – пружина; 10 – вентилятор; 11 – держатель; 12 – блок управления; 13 – дно; 14 – батарея; 15 – фиксатор; 16 – ограничитель; 17 – паз; 18 – направляющая

который обеспечивает механическое ворошение обрабатываемой пробы на сите для увеличения ее пористости. Это позволяет воздушному потоку с меньшей скоростью выдувать соломистые частицы из нижних слоев пробы. При этом уменьшается вероятность выдувания зерна и сокращается время обработки пробы.

У сепаратора [6] для дополнительного воздействия или ворошения обрабатываемой пробы сито выполнено в форме усеченного конуса с углом наклона $\alpha = 50^\circ$, снизу примыкает тарелка в форме усеченного конуса, на боковых поверхностях располагаются шесть полых и шесть перфорированных секторов. На боковых поверхностях подвижной и неподвижной заслонок, выполненных в форме усеченного конуса, располагаются шесть полых и шесть глухих секторов, при этом подвижная заслонка вращается по поверхности неподвижной заслонки. Так как к меньшему основанию тарелки примыкает меньшее основание подвижной заслонки, то над центральной частью сита образуется сопловое пространство, а между корпусом второго блока, сводами тарелки и подвижной и неподвижной за-

слонками – боковое пространство разномошных воздушных потоков (рис. 2).

Сепаратор второй конструкции позволяет пневматически перемешивать слои обрабатываемой пробы за счет действия на нее комбинированных воздушных потоков, проходящих через центральное сопловое и боковое, регулируемое подвижной заслонкой пространства. Точность результатов обработки проб мобильными сепараторами первой и второй конструкций оценивали путем сравнения с результатами, полученными с помощью ручного способа обработки проб.

Перед проходом комбайна пробоотборники укладывались последовательно по ходу его движения. Такое расположение пробоотборников позволило обеспечить одинаковые условия получения обрабатываемых проб, которые отбирались с двенадцатикратной повторностью. Дальнейшие исследования включали в себя обработку проб ручным способом и с помощью мобильных сепараторов первой и второй конструкций.

Результаты исследований и обсуждение

По результатам обработки проб определяли количество зерен в каждой из них (табл. 1).

Для трех нормально распределенных совокупностей были определены: выборки n_1 , n_2 и n_3 , средние значения количества зерен в пробах $\bar{x}_1$, $\bar{x}_2$, $\bar{x}_3$, выборочные дисперсии S_1^2 , S_2^2 и S_3^2 и другие показатели проб соответственно для ручного способа обработки и с помощью сепараторов первой и второй конструкций (табл. 2).

При сравнении средних значений количества зерен в пробах для ручного способа обработки $\bar{x}_1$ и с помощью сепараторов первой конструкции $\bar{x}_2$, а также второй конструкции $\bar{x}_3$ выдвинули гипотезу H_0 о равенстве математических ожиданий

$$M_1 = M_2 \text{ и } M_1 = M_3, \quad (1)$$

где M_1 – математическое ожидание количества зерен в пробах для ручного способа обработки;

M_2 и M_3 – математическое ожидание количества зерен в пробах для обработки с помощью сепараторов первой и второй конструкций соответственно.

При этом возможны альтернативные гипотезы $H_1^{(1)}$, $H_1^{(2)}$, и $H_1^{(3)}$, соответственно:

$$M_1 > M_2 \text{ и } M_1 > M_3, \quad (2)$$

$$M_1 < M_2 \text{ и } M_1 < M_3, \quad (3)$$

$$M_1 \neq M_2 \text{ и } M_1 \neq M_3. \quad (4)$$

Из табл. 2 следует, что для первой конструкции сепаратора статистика t -критерия равна $t = 0,56$, а для второй – $t = 0,78$. Соответственно, гипотеза о равенстве математических ожиданий количества зерен в пробах, которые обрабатывались вручную и с помощью мобильных сепараторов первой и второй конструкций, должна быть принята, так как значение t -критерия не попадает в критическую область (значения квантилей: $t_{2\alpha, m} = 1,72$ и $t_{2\alpha, m} = 2,07$).

Сравнительные результаты показали, что мобильные сепараторы первой и второй конструкций могут использоваться при экспресс-оценке потерь зерна за комбайном, так как имеют высокую точность обработки проб.

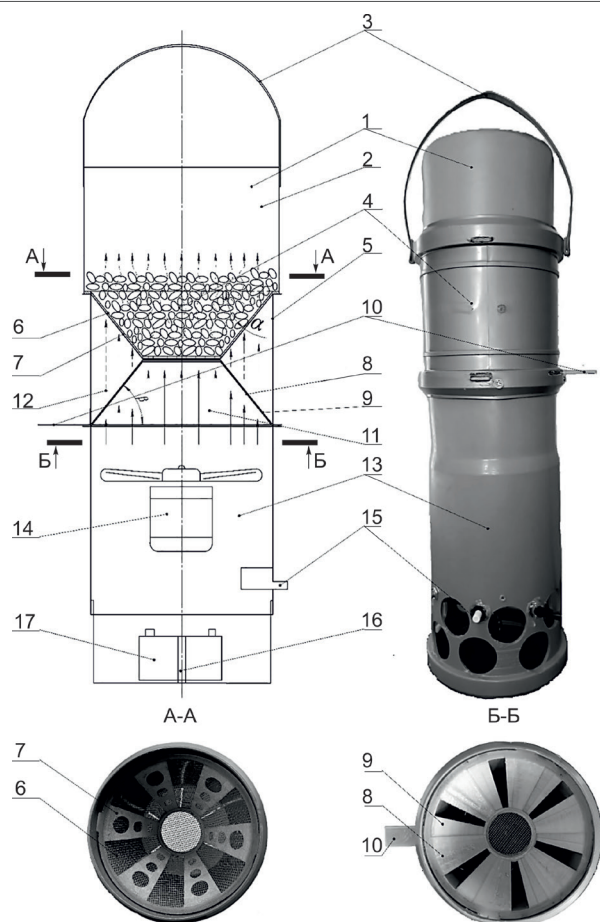


Рис. 2. Мобильный сепаратор для экспресс-оценки потерь зерна зерноуборочными комбайнами:

1 – первый блок; 2 – труба; 3 – ручка; 4 – второй блок; 5 – корпус; 6 – сито; 7 – тарелка; 8 – подвижная заслонка; 9 – неподвижная заслонка; 10 – ручка; 11 – сопловое пространство; 12 – боковое пространство; 13 – третий блок; 14 – вентилятор; 15 – блок управления частотой вращения вентилятора; 16 – фиксатор; 17 – аккумулятор

Таблица 1. Результаты определения количества зерен в пробах, которые обрабатывались ручным способом и с помощью мобильных сепараторов первой и второй конструкций, шт.

№ опыта	Число зерен в пробе обработанной		
	ручным способом	сепаратором первой конструкции	сепаратором второй конструкции
1	16	14	13
2	13	12	14
3	17	14	12
4	15	13	12
5	17	16	16
6	14	15	17
7	12	17	16
8	16	12	13
9	12	14	14
10	13	17	15
11	17	14	15
12	14	13	12
$\bar{x}_i$	14,7	14,3	14,1

Таблица 2. Статистические показатели определения количества зерен в пробах, которые обрабатывались ручным способом и с помощью мобильных сепараторов

Показатели	Способ обработки проб		
	вручную	с помощью сепаратора первой конструкции	с помощью сепаратора второй конструкции
Среднее количество зерен	14,7	14,3	14,1
Дисперсия	3,6970	2,9318	2,9924
Среднее квадратичное отклонение	1,9228	1,7123	1,7299
Статистика F-критерия		1,26	1,24
Уровень значимости α	0,05		
Степень свободы	11		
Значение квантиля F-распределения	2,82		
Статистика t-критерия		0,56	0,78
Степень свободы	22		
Значение квантиля $t_{2\alpha,m}$ -распределения	1,72		
Значение квантиля $t_{2\alpha,m}$ -распределения	2,07		

Выводы

1. Современные сепараторы для экспресс-оценки потерь зерна за зерноуборочными комбайнами в своей конструкции должны иметь функцию дополнительного воздействия или ворошения обрабатываемой пробы на сите.

2. В первом варианте конструкции сепаратора над ситом верхней секции размещен ворошитель, который обеспечивает механическое воздействие на обрабатываемую пробу.

3. Во втором варианте конструкции сепаратора слои обрабатываемой пробы перемешиваются пневматически за счет воздействия комбинированных воздушных потоков,

проходящих через центральное сопловое и боковое (регулируемое подвижной заслонкой) пространства.

4. Сравнительные результаты показали, что мобильные сепараторы первой и второй конструкций могут использоваться при экспресс-оценке потерь зерна за комбайном, так как имеют высокую точность обработки проб.

Список использованных источников

1. **Белик М.А., Таркинский В.Е., Трубицын Н.В.** Мобильный сепаратор для экспресс-оценки потерь зерна зерноуборочными комбайнами // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса: матер. XIII Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 90-летию Донского ГТУ, в рамках XXIII Агропромышленного форума юга России и выставки «Интерагромаш» (г. Ростов-на-Дону, 26-28 февраля 2020 г.). Ростов-на-Дону: ООО «ДГТУ-ПРИНТ», 2020. Т. 1. С. 55-58.
2. **Бердышев В.Е.** Теоретическое определение комплексного показателя эффективности работы зерноуборочных комбайнов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2010. № 3 (19). С. 168-172.
3. **Липкань А.В., Кувшинов А.А., Усанов В.С., Смолянинова Н.О., Сахаров В.А.** Методика определения потерь зерна за жаткой и молотилкой комбайна при уборке сои // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2022. Т. 16. № 1. С. 69-77. DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-1-69-77.
4. **Патент № 193716 РФ, МПК G 05 F 3/02.** Сепаратор для очистки проб зерна при проведении экспресс-оценки зерноуборочных комбайнов / В.Ф. Федоренко, Н.В. Трубицын, В.Е. Таркинский : заявл. 06.05.19 : опубл. 11.11.19 : бюл. № 32.
5. **Патент № 2763602 РФ, A01D 41/00.** Сепаратор очистки проб зерна, получаемых при испытании зерноуборочных машин / М.Е. Чаплыгин, С.В. Тронева, М.П. Харитонов : заявл. 12.11.2020 : опубл. 30.12.2021 : бюл. № 1.
6. **Патент № 2813277 РФ, МПК B07B 9/00, B07B 4/08, A01D 41/127.** Сепаратор очистки проб зерна, получаемых при испытании зерноуборочных комбайнов / С.В. Тронева, В.А. Моторин, Д.Г. Жуковский, В.С. Новиков, Е.Г. Соколов, А.И. Новиков : № 2023110805 : заявл. 25.04.2023 : опубл. 08.02.2024 : бюл. № 4.
7. **Патент № 122829 РФ, МПК A 01 D 75/00.** Устройство очистки зерна, используемое при определении потерь зерноуборочного комбайна / Клаузер Л.А. : заявл. 18.06.12 : опубл. 20.12.12 : бюл. № 35.
8. **Пугачев А.Н.** Контроль качества уборки зерновых культур. М.: Колос, 1980. 255 с.
9. **Федоренко В.Ф., Таркинский В.Е., Трубицын Н.В., Воронин Е.С.** Повышение эффективности оценки функциональных характеристик зерноуборочных комбайнов // Агроинженерия. 2021. № 1 (101). С. 15-19. DOI 10.2687/2687-1149-2021-1-15-19.
10. **Чаплыгин М.Е., Жалнин Э.В.** Определение качества работы зерноуборочных комбайнов // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2019. Т.13. № 4. С. 71-76. DOI 10.22314.2073-7599-2019-13-4-71-76.

Determining the Accuracy of the Mobile Separator Sample Processing During Rapid Assessment of Grain Losses by Harvester-threshers

S.V. Tronev

(Volgograd State Agrarian University)

M.E. Chaplygin

(FGBNU FNATS VIM)

A.I. Novikov, E.G. Sokolov

(Volgograd State Agrarian University)

Summary. The article deals with the modern separators for rapid assessment of grain losses behind harvester-threshers and their key design features. The accuracy of the sample processing using mobile separators in comparison with manual processing was assessed.

Key words: harvester-thresher, grain loss, mobile separator, sample processing accuracy.

Реферат

Цель исследования – определение точности результатов обработки проб современными мобильными сепараторами, имеющими функцию дополнительного воздействия или ворошения обрабатываемой пробы на сите, при экспресс-оценке потерь зерна зерноуборочными комбайнами. Выполнен обзор современных сепараторов для экспресс-оценки потерь зерна за зерноуборочными комбайнами, выявлены их ключевые конструкционные особенности. Математически определена точность результатов обработки проб мобильными сепараторами по сравнению с ручной обработкой проб. Для определения потерь зерна комбайном в течение контрольной смены отбирают пробы с помощью резиновых эластичных пробоотборников. Из проб выделяют зерно, взвешивают его и рассчитывают суммарные потери зерна за комбайном. Если такие потери определяют с помощью экспресс-метода, то для выделения зерна из пробы применяют мобильный сепаратор, который должен быть мобильным, компактным, обеспечивать высокое качество сепарации на различных сельскохозяйственных культурах. Существующие сепараторы представляют собой разборные малогабаритные секции, в которых установлены сетчатый элемент с возможностью замены его элементом с другим размером ячеек, вентилятор, аккумулятор. Современные сепараторы для экспресс-оценки потерь зерна за зерноуборочными комбайнами в своей конструкции должны иметь функцию дополнительного воздействия или ворошения обрабатываемой пробы на сите. Для этого над ситом верхней секции размещают ворошитель, который обеспечивает механическое воздействие на обрабатываемую пробу. Кроме того, слои обрабатываемой пробы можно перемешивать пневматически за счет воздействия комбинированных воздушных потоков, проходящих через центральное сопловое и боковое (регулируемое подвижной заслонкой) пространства. Сравнительные результаты показали, что мобильные сепараторы первой и второй конструкций могут использоваться при экспресс-оценке потерь зерна за комбайном, так как имеют высокую точность обработки проб.

Abstract

The purpose of the study is to determine the accuracy of the sample processing with modern mobile separators which have the function of additional impact or turning of the processed sample on a sieve in the course of the rapid assessment of the harvester-thresher grain losses. Modern separators for the rapid assessment of grain losses behind grain harvesters were shown and their key design features have been identified. The accuracy of the results of sample processing using mobile separators in comparison with manual sample processing has been mathematically determined. To determine grain losses by the harvester the samples are taken using rubber elastic samplers during the control shift. The grain is separated from the samples and weighed, and the total grain loss behind the harvester-thresher is calculated. If such losses are determined using the rapid method then to isolate grain from the sample a mobile separator is used which must be mobile, compact, and provide high quality separation for various crops. Existing separators are collapsible small-sized sections equipped with a fan and a battery in which a sieve is installed with the possibility of replacing it with another sieve with a different mesh size. The design of modern separators for rapid assessment of grain losses behind harvester-threshers must have the function of additional impact or agitation of the processed sample on a sieve. To do this, an agitator is placed above the upper sieve which provides a mechanical effect on the processed sample. In addition, the layers of the processed sample can be mixed pneumatically due to the influence of combined air flows passing through the central nozzle and side (regulated by a movable damper) space. Comparative results showed that mobile separators of the first and second designs can be used for rapid assessment of grain losses behind the harvester-thresher as they demonstrate high accuracy of sample processing.






З

Двадцать первая специализированная выставка

Защищенный грунт России



19 - 21

июня

2024

Москва,

ЦВК «Экспоцентр»,

Павильон 3



info@rusteplica.ru
+7 499 178 01 59
+7 495 651 08 39

УДК 621.65.07

DOI: 10.33267/2072-9642-2024-5-37-39

Физико-механические характеристики диафрагм мембранно-поршневого насоса из полиуретанового компаунда

Ю.В. Катаев,

канд. тех. наук,
вед. науч. сотр.,
ykataev@mail.ru

А.С. Свиридов,

мл. науч. сотр.,
sviridov.vim@ya.ru

В.Э. Славкина,

мл. науч. сотр.,
slavkina@vimlab.ru

Р.А. Алехина,

инженер,
rioraya9@gmail.com

А.О. Шитов,

инженер,
shitovalexandrvm@ya.ru
(ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

Аннотация. Представлены результаты стендовых испытаний диафрагм мембранно-поршневых насосов, изготовленных из композиционных материалов на основе двухкомпонентного полиуретана, наполненного базальтовым волокном. Испытания осуществлялись с помощью разрывной машины, оборудованной специальной оснасткой, позволяющей имитировать в диафрагме сложное напряженно-деформированное состояние, характерное при работе насосов в реальных условиях. По результатам испытаний, диафрагмы с содержанием базальта 1 и 2 об. % показали наибольшее сопротивление механическим нагрузкам.

Ключевые слова: стендовые испытания, полиуретан, диафрагма, базальтовое волокно, сельскохозяйственная техника, композиционные материалы.

Постановка проблемы

Неотъемлемой частью проверки работоспособности композиционных материалов, предназначенных для изготовления диафрагм мембранно-поршневых насосов, являются испытания диафрагм в условиях, близких к реальным условиям эксплуатации [1-3]. Эти испытания позволяют оценить

устойчивость и долговечность диафрагм при воздействии механических нагрузок, которые могут встречаться в процессе эксплуатации насосов [4], а также выявить потенциальные проблемы, связанные с износом материалов или несоответствием их характеристик требованиям производства, что способствует повышению качества и надежности насосных систем [5]. Такие испытания по месту и условиям выполнения можно разделить на следующие виды:

- **стендовые** – осуществляют на специальном испытательном стенде, который обеспечивает стабильное воздействие на объект тех или иных факторов (нагрузка, температура, механическое воздействие, влажность и др.). Испытываться могут как целые механизмы, так и отдельные узлы и системы;

- **натурные** – проверка объекта в условиях, соответствующих условиям его использования по прямому назначению с непосредственной оценкой или контролем определяемых характеристик и свойств;

- **эксплуатационные** – проводятся после ввода объекта в эксплуатацию (опытную или подконтрольную) с целью установить, как он будет вести себя в условиях реального использования.

Стендовые испытания диафрагмы в мембранно-поршневых насосах – процесс, в ходе которого проводятся тесты и проверки работоспособности диафрагмы [6-8]. Это важный шаг в определении надежности насоса перед его применением в реальных условиях. К методике данных испытаний предъявляются следующие требования:

- условия испытаний изделий должны отражать реальные условия нагружения и обеспечивать высокую точность и достоверность получаемых результатов;

- на одном образце готового изделия

можно определять не только деформационные, но и предельные характеристики материала;

- испытания можно проводить на существующем оборудовании с применением адаптированных приставок и необходимой оснастки.

Более того, стендовые испытания предоставляют возможность проведения контроля качества производства диафрагм, позволяя выявить и устранить потенциальные проблемы на ранних стадиях производства. Это способствует повышению эффективности и надежности работы мембранно-поршневых насосов, а также обеспечивает безопасность и стабильность процессов, в которых они используются [9, 10].

Таким образом, стендовые испытания диафрагм в мембранно-поршневых насосах играют ключевую роль в обеспечении высокого уровня качества и долговечности этих важных технических устройств, что, в свою очередь, способствует повышению эффективности производственных и технологических процессов [11].

Цель исследования – установление влияния степени наполнения базальтовым волокном полиуретановой матрицы на механические свойства диафрагм мембранно-поршневых насосов сельскохозяйственного назначения.

Материалы и методы исследования

Анализ работы диафрагм показал, что деформации, развивающиеся в них при работе в насосе в течение циклов растяжения-сжатия, имеют сложный характер: нагрузка в данном процессе изменяется от центра к периферии диафрагмы [12]. Проведенные ранее лабораторные испытания образцов на растяжение не формируют в образцах

напряженно-деформированное состояние, близкое к реальному. Одним из методов воспроизведения сложнонапряженного деформированного состояния, близкого к реально возникающему в диафрагме в процессе работы, является продавливание диафрагм сферическим индентором [13]. В этом случае в качестве источника приложения регулируемой нагрузки может выступать универсальная разрывная машина И1147М-50-01-1 (оборудование лаборатории № 10.3 ФНАЦ ВИМ, рис. 1а). Для этого машину необходимо дополнить специальной оснасткой. Трехмерная модель спроектированной оснастки представлена на рис. 1б.

В процессе испытаний на разрывной машине с применением разработанной оснастки для диафрагм фиксировалось значение нагрузки, при которой диафрагма разрушается. Стендовым испытаниям, согласно изложенной методике, подвергались диафрагмы, изготовленные из чистого полиуретана, а также композиции, содержащие 1, 2 и 3 об.% базальтового волокна. Состав композиций, который продемонстрирует более высокие прочностные характеристики в процессе испытаний, будет выбран для дальнейших натурных испытаний.

Результаты исследований и обсуждение

Результаты, полученные в процессе исследования сложнонапряженной деформации диафрагм, представлены в таблице.

По результатам, представленным в таблице, диафрагмы, изготовленные с добавлением 1 и 2% базальтового волокна показывают более высокие

значения предела прочности при разрыве и относительного удлинения по сравнению с ненаполненной полиуретановой матрицей, примерно на 11 и 17% соответственно. Композиция с содержанием базальтового волокна 3%, напротив, демонстрирует ухудшение (на 8%) исследуемых характеристик по сравнению с чистой полиуретановой матрицей. Снижение характеристик в этом случае может быть обусловлено низкой равномерностью распределения волокон в объеме матрицы, так как базальтовое волокно [14] в этом случае

агломерирует отдельными «островками» и не позволяет качественно сопротивляться приложенным нагрузкам. Качественно диспергированное волокно, как в случае с содержанием базальта 1 и 2%, является армирующим компонентом, который за счет более высокой прочности эффективно противостоит приложенным разрушающим нагрузкам. На рис. 2 представлены диафрагмы после разрушения.

Разрушение всех диафрагм вне зависимости от содержания базальтового волокна происходило в виде разрыва

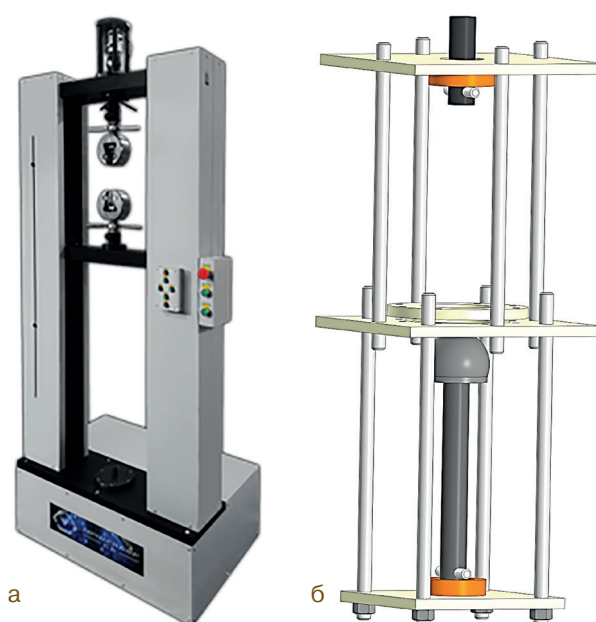


Рис. 1. Разрывная машина И1147М-50-01-1 (а) и трехмерная модель оснастки для исследований поведения диафрагм в сложнонапряженном состоянии (б)

Результаты исследования сложнонапряженной деформации диафрагм

Показатели	Без наполнителя	Содержание базальтового волокна, об. %		
		1	2	3
Предел прочности при разрыве, МПа	42,3	46,9	46,5	38,7
Относительное удлинение, %	126	148	142	112

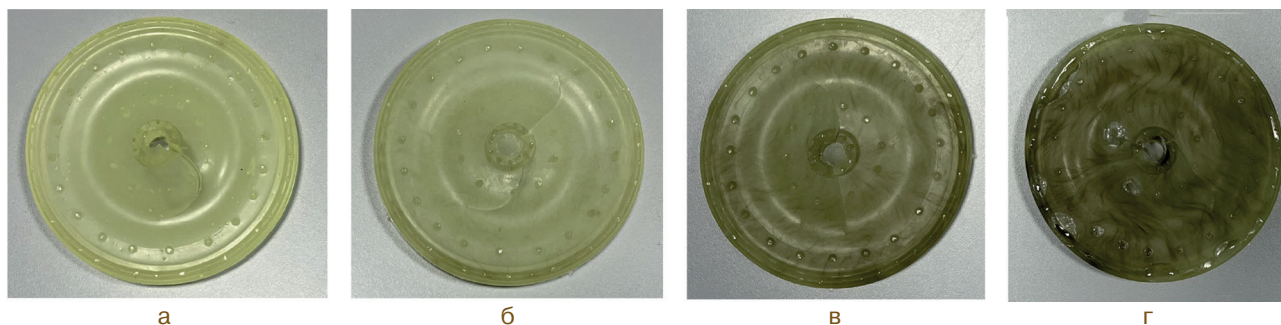


Рис. 2. Внешний вид диафрагм различного состава после стендовых испытаний: а – чистый полиуретан (без наполнителя); б – полиуретан + 1% базальтового волокна; в – полиуретан + 2% базальтового волокна; г – полиуретан + 3% базальтового волокна



Рис. 3. Виды разрывов диафрагм после испытаний

неправильной формы от центрального отверстия диафрагмы к периферии (рис. 3). При этом наличие мелких пузырей на поверхности не оказало никакого влияния на течение процесса.

Поскольку по результатам стендовых испытаний диафрагмы с содержанием базальта 1 и 2 об.% показали схожий предел прочности, для дальнейших натурных испытаний целесообразно использовать оба этих состава.

Выводы

1. Разработана программа стендовых испытаний композиционных диафрагм с применением разрывной машины, оборудованной специальной оснасткой, позволяющей имитировать в диафрагме сложное напряженно-деформированное состояние, характерное при работе мембранно-поршневых насосов. Разработан полный комплект конструкторской документации на оснастку.

2. Проведенные стендовые испытания показали, что диафрагмы, изготовленные с добавлением 1 и 2% базальтового волокна, показывают более высокие значения предела прочности при разрыве и относительного удлинения по сравнению с ненаполненной полиуретановой матрицей, примерно на 11 и 17% соответственно. Композиция с содержанием базальтового волокна 3%, напротив, демонстрирует ухудшение исследуемых характеристик по сравнению с чистой полиуретановой матрицей (на 8%).

Список

использованных источников

1. Дорохов А.С., Денисов В.А., Соломашкин А.А., Герасимов В.С. Стратегии техниче-

ского обслуживания и ремонта сельскохозяйственных машин // Технический сервис машин. 2020. № 3 (140). С. 38-48. DOI 10.22314/2618-8287-2020-58-3-38-48. EDN HVXYMF.

2. Катаев Ю.В., Гончарова Ю.А., Свиридов А.С., Тужилин С.П., Казберов Р.Я. Оценка абразивной стойкости композиций на основе полиуретановых компаундов, применяемых при изготовлении диафрагм мембранно-поршневых насосов // Техника и оборудование для села. 2022. № 6 (300). С. 38-41. DOI 10.33267/2072-9642-2022-6-38-41. EDN VVUAUM.

3. Чепурин А.В., Чепурина Е.Л., Кушнарева Д.Л. Организация фирменного сервиса отечественной сельскохозяйственной техники // Сел. механизатор. 2023. № 4. С. 40-43. DOI 10.47336/0131-7393-2023-4-40-41-42-43. EDN MOKTDB.

4. Кушнарв Л.И., Севостьянова Д.Л. К стабильно высокому качеству продукции машиностроения // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2022. № 2. С. 32-364. DOI 10.31044/1684-2561-2022-0-2-32-36. EDN LDMOSA.

5. Дорохов А.С., Старостин И.А., Ещин А.В. Перспективы развития методов и технических средств защиты сельскохозяйственных растений // Агроинженерия. 2021. № 1(101). С. 26-35. DOI 10.26897/2687-1149-2021-1-26-35. EDN EGCOXM.

6. Гончарова Ю.А., Денисов В. А. Анализ отказов полимерных деталей сельскохозяйственной техники // Технический сервис машин. 2021. № 3(144). С. 146-154. DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-3-146-154. EDN OXHYGB.

7. Лобачевский Я.П., Миронов Д.А., Миронова А.В. Основные направления повышения ресурса быстроизнашиваемых рабочих органов сельскохозяйственных машин // С.-х. машины и технологии. 2023. Т. 17. № 1. С. 41-50. DOI 10.22314/2073-7599-2023-17-1-41-50. EDN IEUNKO.

8. Черноиванов В.И., Денисов В.А., Соломашкин А.А. Способ определения остаточного ресурса деталей машин // Технический сервис машин. 2020. № 1(138). С. 50-57.

DOI 10.22314/2618-8287-2020-58-1-50-57. EDN ZKSZUL.

9. Dorokhov A. et al. Estimation of the chemical resistance of polyurethane compounds used in the manufacture of diaphragms of diaphragm-piston pumps // Journal of Physics: Conference Series. 2021. 2131(4). 042026. DOI 10.1088/1742-6596/2131/4/042026. EDN VYNACJ.

10. Катаев Ю.В., Герасимов В.С., Баулин Н.К., Тишанинов И.А., Филиппов С.А. Техническое сопровождение сельскохозяйственной техники // Техн. сервис машин. 2022. № 2(147). С. 51-59. DOI 10.22314/2618-8287-2022-60-2-51-59. EDN GRCAPF.

11. Дорохов А.С., Свиридов А.С. Применение аддитивных технологий при техническом сервисе садовой техники // Агроинженерия. 2020. № 6(100). С. 39-44. DOI 10.26897/2687-1149-2020-6-39-44. EDN LVZNLF.

12. Дорохов А.С., Гончарова Ю.А., Свиридов А.С. [и др.] Определение динамической вязкости наполненных композиций на основе термореактивного литьевого полиуретана // Химическая технология. 2022. Т. 23, № 12. С. 502-506. DOI 10.31044/1684-5811-2022-23-12-502-506. EDN CGKRR.

13. Куделин Д.В., Несиоловская Т.Н. Применение расчетно-экспериментального метода анализа сложнапряженного состояния резиновых мембран для эффективных решений их производства // Вестник Воронежского ГУИТ. 2021. № 2 (88). С. 230-234. DOI 10.20914/2310-1202-2021-2-230-236. EDN EQTGIN.

14. Амерханова Г.И., Кияненко Е.А., Зенитова Л.А. Базальтовое волокно – наполнитель полиуретанов // Вестник технологического университета. 2020. Т. 23. № 8. С. 24-29. EDN JCMZBA.

Physico-mechanical Characteristics of the Diaphragms of a Diaphragm Piston Pump Made of Polyurethane Compound

Yu.V. Kataev, A.S. Sviridov, V.E. Slavkina, R.A. Alekhina, A.O. Shitov (FGBNU FNATS VIM)

Summary. The results of the bench tests of the diaphragms of diaphragm piston pumps made of composite materials based on two-component polyurethane filled with basalt fiber are presented. The tests were carried out using a tensile testing machine equipped with special equipment that allows simulating a complex stress-strain state in the diaphragm which is characteristic of pump operation in the real conditions. According to the results of the tests the diaphragms with a basalt content of 1 and 2 vol. % showed the greatest resistance to mechanical loads.

Key words: bench tests, polyurethane, diaphragm, basalt fiber, agricultural machinery, composite materials.

УДК 535.36:637.1.02

DOI: 10.33267/2072-9642-2024-5-40-44

Исследование скисания молока методом рамановского рассеяния

М.В. Беляков,*д-р техн. наук,
доц., вед. науч. сотр.,
bmw20100@mail.ru
(ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);***Г.Н. Самарин,***д-р техн. наук,
доц., гл. науч. сотр.,
samaringn@yandex.ru
(ФГБНУ ФНАЦ ВИМ),
проф.
(ФГБОУ ВО «ГАУ Северного Зауралья»);***И.Ю. Ефременков,***matiussharius@mail.ru
(ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)*

Аннотация. Исследована возможность применения рамановской спектроскопии для диагностики коровьего молока в процессе его скисания. Получены статистически достоверные линейные зависимости I_p (рН) при высокой чувствительности. Применение спектрального диапазона 1000–1130 см⁻¹ позволит получить статистически достоверные линейные зависимости интегральных параметров рамановского рассеяния от содержания в молоке жиров, белков и лактозы, а также сухого молочного остатка.

Ключевые слова: молоко, кислотность, рамановское рассеяние, лактоза, казеин.

Постановка проблемы

С ростом мирового импорта и экспорта продовольствия вопросы безопасности пищевых продуктов получили широкое внимание во всем мире. Реализовать имеющийся потенциал можно за счет повышения эффективности аграрного производства путем создания и внедрения средств автоматизации, роботизации, цифровых технологий, искусственного интеллекта [1]. Необходимо повысить производительность труда в 2,5–3,5 раза, сократить энергетические и материальные затраты в 3–4 раза, обеспечить экологическую безопасность сельскохозяйственного производства и окружающей среды. Разработана кон-

цепция интеллектуального сельского хозяйства, в которой выделены следующие сферы применения цифровых технологий: комплексное управление производством; цифровые технологии в растениеводстве, животноводстве, энергообеспечении, хранении и переработке продукции; цифровая инженерия сельских поселений.

Для обеспечения реализации данной концепции необходимо разработать экспрессные и неразрушающие инструменты для анализа качества и безопасности агропродовольственных товаров. Рамановские спектроскопические методы продемонстрировали значительный потенциал в анализе сельскохозяйственных продуктов благодаря таким достоинствам, как селективность, быстрота, неинвазивность и простота подготовки проб. Несмотря на сохраняющиеся ограничения, связанные с техническими трудностями и сложностью матрицы образцов пищевых продуктов, постоянное развитие рамановских систем, наноматериалов и алгоритмов спектрального анализа будет способствовать продвижению этих технологий из лабораторий в производственные условия [2]. Так, рамановская спектроскопия начинает находить применение для анализа молока и молочных продуктов [3].

Метод основан на поверхностно-усиленном комбинационном рассеянии, опосредованном фосфомолибденовой кислотой. Представляет собой простой и быстрый способ количественного анализа общего белка в молоке [4]. В работе [5] предложен быстрый и экономичный метод обнаружения и количественного определения присутствия сыворотки в молоке с помощью спектроскопии комбинационного рассеяния без предварительной пробоподготовки. Рассматривается возможность обнаружения антибиотиков на основе спектроскопии комбинацион-

ного рассеяния с улучшением поверхности в основных категориях продуктов животного происхождения [6].

Применение рамановских датчиков позволяет оценить фальсификацию пищевых компонентов, входящих в сухое обезжиренное молоко [7].

Применимость метода конфокальной рамановской микроскопии к анализу молочных продуктов (йогурт обезжиренный и нормальной жирности, образцы сыров камамбер и чеддер), включая пространственное распределение белков, липидов и углеводов, исследовали в работе [8]. Были исследованы и проанализированы спектральные данные комбинационного рассеяния, собранные из свежих молочных продуктов. Сходство между свежими молочными продуктами одной марки и разных марок было количественно проанализировано и рассчитано с помощью спектроскопии комбинационного рассеяния, двумерной корреляционной спектроскопии комбинационного рассеяния и выделения признаков [9, 10].

Вместе с тем отсутствуют сведения о возможностях рамановской спектральной диагностики молока при его скисании. Особенно это актуально в области мониторинга качества получаемой продукции, контроля исправности технологического оборудования доения коров и выпойки животных, первичной обработки и переработки молока, а также при управлении этими технологическими процессами с оптимизацией энергетических и экономических затрат. Например:

- по рекомендациям зоотехников лучше выпаивать телят молоком повышенной кислотности в строго определенном диапазоне;

- на молочно-товарной ферме следует осуществлять контроль исправности технологического оборудования, в том числе холодильного, и управления им;

● на небольших молочных экофермах часто возникает проблема, как сохранить молоко после вечерней дойки до утра, не превысив нормативно допустимые показатели качества (для продажи на рынке), с минимальными энергетическими и экономическими затратами, без использования холодильного оборудования;

● при производстве различных продуктов (йогурт, масло и др.) на основе переработки молока требуется контролировать его кислотность на разных стадиях технологического процесса.

Цель исследования – изучение возможности применения рамановской спектроскопии для диагностики коровьего молока в процессе его скисания.

Материалы и методы исследования

Для изучения использовались образцы питьевого непастеризованного молока местной агрофирмы с массовой долей жира 4%. После первых измерений молоко хранилось в темном помещении при комнатной температуре 20°C. Ежедневно перед сканированием в молоке экспресс-анализом с помощью прибора Expert Pros (Россия, Сибагропартнер) измеряли массовую долю жира, сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО), белка, общих сахаров, солей (%) и активную кислотность (pH).

Измерение спектров комбинационного (рамановского) рассеяния молока проводили на конфокальном рамановском микроскопе Senterra II (Brucker, США) со следующими характеристиками: спектральное разрешение 4 см⁻¹, оптика ×20 для наведения и выявления видимых структурных особенностей, лазер с длиной волны 785 нм, мощность излучения лазера 25 мВт, апертура 50×1000 мкм (μm), добавления – 10, повторность измерения одного образца – семикратная.

Результаты исследований и обсуждение

Результаты измерения кислотности и других параметров исследуемого молока представлены в табл. 1. С повышением кислотности происходит денатурация лактозы на глюкозу, галактозу и ряд других сахаров и веществ,

тем самым количество их в растворе увеличивается, жиры и жирные кислоты окисляются и коагулируют в единые агрегаты с частью белковых групп.

Результаты измерений спектров $i_R(k)$ рамановского рассеяния света представлены на рис. 1.

Исходя из полученных результатов, можно отметить значительное изменение химического состава: наиболее выраженные в начале измерений спектры углеводов затухают, что связано с переработкой продуктов гидролиза лактозы лактобактериями в процессе скисания, тогда как пики белков и жиров более устойчивы и их изменение менее значительно. Несмотря на это, уменьшение пиков также происходит, оно связано с образованием жирно-белковых агрегатов в процессе коагуляции и тем самым уменьшением количества вещества по объему.

Зависимости $i_R(k)$ для всех образцов имеют области максимумов 790-970 см⁻¹, 1000-1120, 1120-1130, 1200-1330, 1385-1470, 1610-1700, 1700-1780, 2650-2750, 2800-3030 см⁻¹. Сами максимумы находятся примерно в области волновых чисел 875 см⁻¹, 1060,

1128, 1302, 1443, 1651, 1734, 2721, 2846 см⁻¹.

Из стандартной библиотеки данных, предоставленной производителем, был взят спектр комбинационного рассеяния лактозы как одного из индикаторов скисания. Совмещенные спектры молока и чистой лактозы представлены на рис. 2.

Из рис. 2 видно, что области максимумов 790-970 см⁻¹, 1000-1120, 1120-1130, 1200-1330 и 2800-3030 см⁻¹ полностью совпадают со спектрами лактозы, области 1610-1700 и 1700-1780 см⁻¹ не совпадают, а области 1385-1470 и 2650-2750 см⁻¹ совпадают частично. Это показывает общее преобладание спектра лактозы в молоке над спектрами других веществ. Также был измерен спектр комбинационного рассеяния казеина (рис. 3).

Спектр чистого казеина имеет максимумы в областях 2800-3000 см⁻¹, 1610-1700, 1400-1500 см⁻¹, области увеличенного рассеяния 800-1350 см⁻¹, в которой выделяется острый пик 1010 см⁻¹. Сравнивая со спектром молока, можно отметить, что его максимум 2800-300 см⁻¹ является суперпо-

Таблица 1. Параметры молока при скисании

Показатели	Номер измерения				
	1	2	3	4	5
День скисания молока	1		2		3
Время замеров t , ч, мин	11:10	16:30	10:30	16:40	9:00
Массовая доля, %					
жира	4,01	3,73	2,83	3,11	-
СОМО	31,19	31,82	33,21	33,74	40,89
белка	3,37	3,41	3,48	3,55	3,97
общих сахаров	4,94	5,00	5,09	5,20	5,78
соли	0,76	0,77	0,73	0,81	0,92
Активная кислотность, pH	6,46	6,28	5,42	5,21	4,64

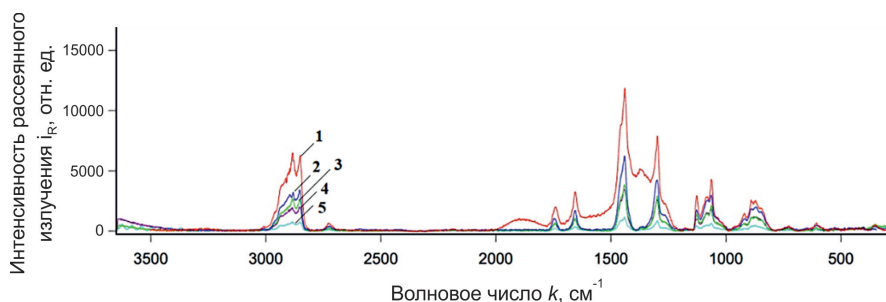


Рис. 1. Спектры комбинационного рассеяния молока различной степени скисания (1-5 – номер измерения)

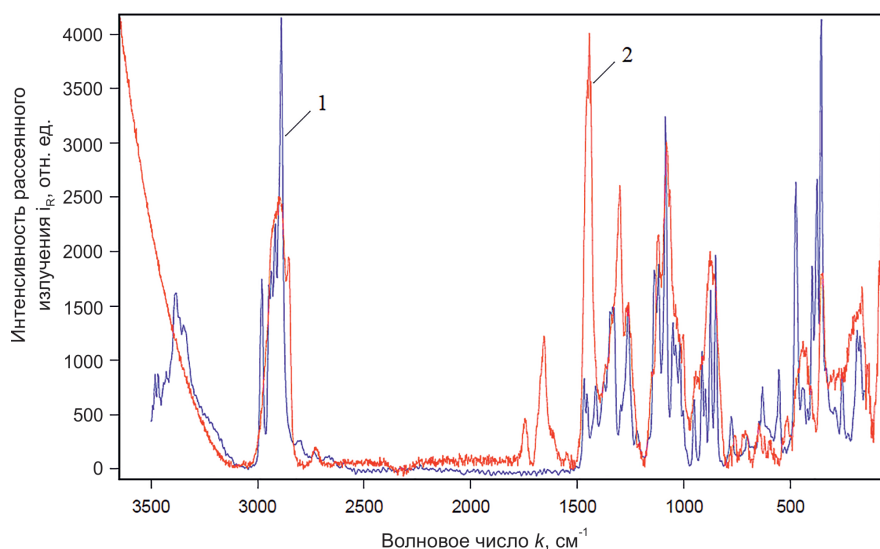


Рис. 2. Спектральные характеристики рамановского рассеяния лактозы (1) и молока (2)

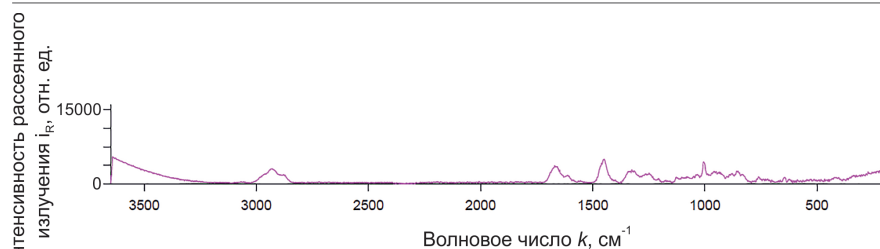


Рис. 3. Спектральная характеристика рамановского рассеяния казеина

Таблица 2. Интегральные параметры спектров рамановского рассеяния молока при скисании

Диапазон k_1-k_2 , см ⁻¹	Номер измерения				
	1	2	3	4	5
	I_R , о. е.				
2800-3030	$6,5 \times 10^5$	$3,6 \times 10^5$	$2,9 \times 10^5$	$2,4 \times 10^5$	$1,5 \times 10^5$
2650-2750	$4,5 \times 10^4$	$4,2 \times 10^4$	$3,8 \times 10^4$	$3,3 \times 10^4$	$3,3 \times 10^4$
1700-1780	$1,0 \times 10^5$	$6,0 \times 10^4$	$4,4 \times 10^4$	$3,2 \times 10^4$	$3,2 \times 10^4$
1610-1700	$1,6 \times 10^5$	$4,0 \times 10^4$	$5,0 \times 10^4$	$5,5 \times 10^4$	$3,8 \times 10^4$
1385-1470	$7,0 \times 10^5$	$2,4 \times 10^5$	$1,6 \times 10^5$	$1,5 \times 10^5$	$6,6 \times 10^4$
1200-1330	$3,8 \times 10^5$	$2,0 \times 10^5$	$1,3 \times 10^5$	$1,4 \times 10^5$	$6,6 \times 10^4$
1120-1130	$3,4 \times 10^4$	$1,9 \times 10^4$	$2,0 \times 10^4$	$2,0 \times 10^4$	$4,3 \times 10^3$
1000-1120	$2,4 \times 10^5$	$2,0 \times 10^5$	$1,3 \times 10^5$	$1,4 \times 10^5$	$7,1 \times 10^4$
790-970	$2,6 \times 10^5$	$2,6 \times 10^5$	$1,5 \times 10^5$	$1,4 \times 10^5$	$8,7 \times 10^4$
400-3500	$3,9 \times 10^6$	$2,2 \times 10^6$	$1,8 \times 10^6$	$1,8 \times 10^6$	$1,3 \times 10^6$

зией максимумов лактозы и казеина. Максимумы 1610-1700 и 1400-1500 см⁻¹ вызваны рассеянием излучения только на частицах казеина. Однако максимум казеина на 1010 см⁻¹ приходится на минимум рассеяния молока.

Для спектра волновых чисел были определены интегральные коэффициенты рассеяния в спектральных интервалах k_1-k_2 :

$$I_R = \int_{k_1}^{k_2} i_R(\lambda) dk, \quad (1)$$

где $i_R(\lambda)$ – спектральная характеристика рамановского рассеяния, k_1, k_2 – границы частотного спектрального диапазона.

Результаты расчетов представлены в табл. 2.

Выбор оптимальной аппроксимации зависимости $I_R(pH)$ для всего спектрального диапазона (400-3500 см⁻¹) осуществляли в программе Excel. Наилучшей из возможных по величине коэффициента детерминации является аппроксимация полиномом 2 степени ($R^2 = 0,77$). Вместе с тем она является нелинейной и $R^2 < 0,8$. Линейная аппроксимация более подходит для разработки и технической реализации методики контроля кислотности молока на основе рамановского рассеяния, хотя и имеет $R^2 = 0,71$.

Проведены линейные аппроксимации зависимостей $I_R(pH)$ для отдельных спектральных диапазонов k_1-k_2 . Рассчитаны относительные чувствительности изменения интегрального параметра рамановского рассеяния к изменению кислотности молока

$$S = \frac{\Delta I_{R,k1-k2}}{\Delta pH \cdot I_{R, макс}}. \quad (2)$$

Результаты расчетов и начальное (максимальное) значение интегрального параметра $I_{R,нач}$, пропорциональное максимальному значению фотосигнала (фотонапряжения или фототока), представлены в табл. 3. Интегральный параметр важен для оценки возможностей технической реализации метода рамановского контроля молока.

Из табл. 3 видно, что использование отдельных спектральных диапазонов вместо всего спектра позволяет получить статистически достоверные линейные зависимости $I_R(pH)$ при более высокой чувствительности. Недостатком такого подхода является снижение на один-два порядка исходного уровня фотосигнала. Для диапазонов 2650-2750 см⁻¹, 1000-1120 и 790-970 см⁻¹ линейные аппроксимации статистически достоверны. Наибольшая чувствительность – у зависимостей $I_R(pH)$ для диапазонов 1385-1470, 1200-1330 и 1120-1130 см⁻¹. Наибольшее значение фотосигнала – в диапазонах 2800-3030, 1385-1470 и 1200-1330 см⁻¹. Таким образом, какой-то один оптимальный диапазон выбрать нельзя. При этом наименее подходящими являются диапазоны 1700-1780 и 1610-1700 см⁻¹.

Таблица 3. Параметры линейной аппроксимации зависимостей $I_R(\text{pH})$ для различных спектральных диапазонов

Диапазон $k_1-k_2, \text{см}^{-1}$	R^2	$S, \text{о.е.}$	$I_{R,\text{нач.}}, \text{о.е.}$
2800-3030	0,78	0,43	$6,5 \times 10^5$
2650-2750	0,92	0,14	$4,5 \times 10^4$
1700-1780	0,74	0,38	$1,0 \times 10^5$
1610-1700	0,31	0,42	$1,6 \times 10^5$
1385-1470	0,66	0,50	$7,0 \times 10^5$
1200-1330	0,76	0,45	$3,8 \times 10^5$
1120-1130	0,67	0,48	$3,4 \times 10^4$
1000-1120	0,96	0,39	$2,4 \times 10^5$
790-970	0,99	0,37	$2,6 \times 10^5$
400-3500	0,71	0,36	$3,9 \times 10^6$

Аналогичные вычисления проведены для других параметров молока – жирности, сухого молочного остатка, белка, сахаров и солей. Результаты представлены в табл. 4.

Для диапазона $1120-1130 \text{ см}^{-1}$ линейная аппроксимация зависимости интегрального коэффициента рамановского рассеяния от жирности молока является статистически достоверной и имеет сравнительно большую чувствительность. Этот же спектральный диапазон оптимален для определения сухого молочного остатка, белков и сахаров. Недостатком является сравнительно небольшой уровень сигнала. Вместе с тем, сравнивая результаты с данными рис. 3, можно отметить, что только для областей $1000-1120$ и $1120-1130 \text{ см}^{-1}$ зависимости I_R от содержания лактозы близки к статистически достоверным, а для других диапазонов ($1200-1330$, $790-970$ и $2800-3030 \text{ см}^{-1}$) коэффициент детерминации не больше 0,7.

Зависимость интегрального параметра I_R от содержания солей не является статистически достоверной.

При создании компактного датчика на основе рамановского рассеяния возможно использование более широких диапазонов, в которые могут входить два и более пиков. Это поможет увеличить уровень сигнала. Наиболее целесообразным представляется объединить диапазоны $2800-3030$ и $2650-2750 \text{ см}^{-1}$, $1200-1330$ и $1385-1470$, $1000-1120$ и $1120-1130$, $790-970$ и $1000-1120$,

Таблица 4. Параметры линейной аппроксимации зависимостей интегральных рамановских параметров от параметров молока для различных спектральных диапазонов

Диапазон $k_1-k_2, \text{см}^{-1}$	Жир		COM		Белок		Сахара		Соли	
	R^2	$S, \text{о.е.}$	R^2	$S, \text{о.е.}$	R^2	$S, \text{о.е.}$	R^2	$S, \text{о.е.}$	R^2	$S, \text{о.е.}$
2800-3030	0,54	0,19	0,53	0,08	0,54	1,29	0,55	0,92	0,36	4,84
2650-2750	0,55	0,07	0,59	0,03	0,62	0,44	0,62	0,31	0,48	1,65
1700-1780	0,39	0,17	0,39	0,07	0,40	1,15	0,40	0,82	0,23	4,31
1610-1700	0,20	0,19	0,19	0,08	0,19	1,27	0,19	0,91	0,09	4,77
1385-1470	0,41	0,23	0,39	0,09	0,40	1,51	0,40	1,08	0,22	5,67
1200-1330	0,53	0,21	0,50	0,09	0,51	1,38	0,51	0,99	0,29	5,17
1120-1130	0,79	0,22	0,78	0,09	0,78	1,46	0,78	1,04	0,62	5,46
1000-1120	0,80	0,17	0,76	0,07	0,76	1,17	0,76	0,83	0,46	4,38
790-970	0,71	0,17	0,69	0,07	0,70	1,11	0,70	0,79	0,43	4,16
400-3500	0,46	0,17	0,45	0,07	0,45	1,10	0,45	0,79	0,26	4,14

Таблица 5. Параметры линейной аппроксимации зависимостей $I_R(\text{pH})$ для объединенных спектральных диапазонов

Параметры	Диапазон $k_1-k_2, \text{см}^{-1}$				
	2650-3030	1200-1470	1000-1130	790-1120	790-1130
R^2	0,77	0,71	0,95	0,98	0,97
$S, \text{о.е.}$	0,41	0,47	0,40	0,37	0,38
$I_{R,\text{нач.}}, \text{о.е.}$	$6,9 \times 10^5$	$1,0 \times 10^6$	$2,7 \times 10^5$	$5,0 \times 10^5$	$5,4 \times 10^5$

Таблица 6. Параметры линейной аппроксимации зависимостей интегральных рамановских параметров от параметров молока для объединенных спектральных диапазонов

Диапазон $k_1-k_2, \text{см}^{-1}$	Жир		COM		Белок		Сахара		Соли	
	R^2	$S, \text{о.е.}$	R^2	$S, \text{о.е.}$	R^2	$S, \text{о.е.}$	R^2	$S, \text{о.е.}$	R^2	$S, \text{о.е.}$
2650-3030	0,54	0,18	0,53	0,08	0,54	1,24	0,55	0,88	0,36	4,63
1200-1470	0,46	0,22	0,44	0,09	0,44	1,44	0,44	1,03	0,25	5,40
1000-1130	0,83	0,18	0,81	0,07	0,81	1,20	0,80	0,86	0,53	4,52
790-1120	0,79	0,17	0,77	0,07	0,77	1,14	0,77	0,81	0,49	4,26
790-1130	0,80	0,17	0,78	0,07	0,79	1,15	0,79	0,82	0,52	4,32

а также $790-970$, $1000-1120$ и $1120-1130 \text{ см}^{-1}$. Результаты расчетов для линейной аппроксимации представлены в табл. 5.

Использование объединенных диапазонов позволяет при сохранении высокой статистической достоверности ($R^2 > 0,95$) получить в области $790-1130 \text{ см}^{-1}$ увеличенную чувствительность и фотосигнал. Вместе с тем, как и для результатов (см. табл. 3), нельзя выделить какой-то оптимальный спектральный диапазон. Результаты расчетов параметров линейной аппрокси-

мации для других показателей молока представлены в табл. 6.

Применение объединенного спектрального диапазона $1000-1130 \text{ см}^{-1}$ позволит получить статистически достоверные линейные зависимости интегральных параметров рамановского рассеяния I_R (и пропорционального ему фотосигнала) от содержания в молоке жиров, белков и лактозы, а также сухого молочного остатка. К сожалению, чувствительность при этом снижается на 17-22%, но увеличивается уровень фотосигнала.

Полученные результаты важны, так как знание концентрации, например лактозы, может быть очень полезным для управления качеством, свойствами и эффективностью производства молочных продуктов. Метод комбинационного рассеяния света может стать достойной альтернативой таким методам контроля сахаров (лактозы), как ферментативные анализы, высокоэффективная жидкостная хроматография и анализ в среднем инфракрасном диапазоне.

Выводы

1. Поисковые исследования с использованием рамановской спектроскопии показали, что этот метод может использоваться при разработке новых лабораторных исследовательских приборов для определения кислотности и других (жирность, белок, сахара) показателей качества молока.

2. В спектральном диапазоне 1000-1130 см⁻¹ при линейной аппроксимации возможно статистически достоверное определение содержания сухого остатка, белков, жиров и сахаров. Содержание лактозы в молоке является одним из индикаторов скисания при рамановской диагностике. Данные исследования показывают, что определение содержания солей методом комбинационного рассеяния излучения статистически недостоверно.

3. Выбор конкретного спектрального диапазона целесообразно проводить с учетом технических возможностей и элементной базы при создании компактного рамановского прибора для анализа молока. Его достоинствами является высокая чувствительность и селективность. Недостатки – сравнительная дороговизна оборудования и высокие требования к условиям измерения (температура, светозащитность).

Список

использованных источников

1. Лобачевский Я.П., Дорохов А.С. Цифровые технологии и роботизированные технические средства для сельского хозяйства // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2021. Т. 15. № 4. С. 6-10.
2. Wang K., Li Z., Li J., Lin H. Raman spectroscopic techniques for nondestructive analysis of agri-foods: A state-of-the-art review // Trends in Food Science & Technology. 2021. Vol. 118. P. 490-504.
3. Silva M. G., de Paula I. L., Stephani R., Edwards H. G. M., de Oliveira L. F. C. Raman spectroscopy in the quality analysis of dairy products: A literature review // J. Raman Spectrosc. 2021. Vol. 52(12). P. 2444.
4. Huang Y., Gu J., Xiang G., Xu J., Fu, S., Gong H. Detection of total protein in milk using phosphomolybdic acid-mediated surface-enhanced Raman spectroscopy // J. Raman Spectrosc. 2016. Vol. 47. P. 277-282.

5. de Oliveira Mendes T., Rodrigues B. V. M., Lee Simas Porto B., da Rocha R. A., de Oliveira M. A. L., de Castro F. K., dos Anjos V., Bell M. J. V. Raman Spectroscopy as a fast tool for whey quantification in raw milk // Vibrational Spectroscopy. 2020. Vol. 111. 103150.

6. Girmatsion M., Mahmud A., Abraha B., Xie Y., Cheng Y., Yu H., Yao W., Guo Y., Qian H. Rapid detection of antibiotic residues in animal products using surface-enhanced Raman Spectroscopy: A review // Food Control. 2021. Vol. 126. 108019.

7. Delatour T., Becker F., Krause J., Romero R., Gruna R., Ldngle T., Panchaud A. Handheld Spectral Sensing Devices Should Not Mislead Consumers as Far as Non-Autentic Food Is Concerned: A Case Study with Adulteration of Milk Powder // Foods. 2022. Vol. 11. 75.

8. Pax A.P., Sheehan J.J. Novel application of confocal Raman microscopy to determine the microstructure of fermented dairy products including the spatial distribution of proteins, lipids and carbohydrates // Biomedical Spectroscopy and Imaging. 2020. Vol. 9. No. 1-2, P. 33-45.

9. Zhang Z. Y., Li S. W., Sha M., Liu J. Characterization of Fresh Milk Products Based on Multidimensional Raman Spectroscopy // J. Appl. Spectrosc. 2021. Vol. 87. P. 1206-1215.

10. Zhang Z.Y. The statistical fusion identification of dairy products based on extracted Raman spectroscopy // RSC Advances. 2020. Vol. 10. No. 50. P. 29682-29687.

ДОРОГИЕ АБИТУРИЕНТЫ!

ФГБНУ «Росинформагротех»
объявляет прием на обучение
по образовательным программам –
программ подготовки научных
и научно-педагогических кадров
в АСПИРАНТУРЕ на 2024-2025 учебный год по специальностям:

- ✓ 4.3.1 Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса;
- ✓ 5.2.3 Региональная и отраслевая экономика (3. Экономика сельского хозяйства и АПК)

Прием документов – с 3 июня по 16 августа 2024 г.



Подробная информация о сроках приема документов, проведения вступительных испытаний и условиях поступления размещена на сайте ФГБНУ «Росинформагротех»
<https://rosinformagrotech.ru>
Тел. (495) 594-99-41

Study of Milk Souring Using Raman Scattering

M.V. Belyakov
(FGBNU FNATS VIM)

G.N. Samarin
(FGBNU FNATS VIM, Northern Trans-Urals State Agrarian University)

I.Yu. Efremenko
(FGBNU FNATS VIM)

Summary. The possibility of using Raman spectroscopy for diagnosing cow's milk during its souring was investigated. Statistically reliable linear dependences of $I_{\alpha}(pH)$ were obtained at high sensitivity. The use of the spectral range 1000-1130 cm⁻¹ will make it possible to obtain statistically reliable linear dependences of the integral parameters of Raman scattering on the content of fat, protein and lactose in milk, as well as milk solids.

Key words: milk, acidity, Raman scattering, lactose, casein.

УДК 631.115.1

DOI: 10.33267/2072-9642-2024-5-45-48

Личные подсобные хозяйства: состояние и меры поддержки их развития

А.П. Королькова,*канд. экон. наук,
вед. науч. сотр.,
52_kap@mail.ru***Т.Е. Маринченко,***науч. сотр.,
9419428@mail.ru***А.В. Горячева,***науч. сотр.,
nastya@mail.ru*

Аннотация. Показаны размеры и доля личных подсобных хозяйств (ЛПХ) в производстве основных видов сельскохозяйственной продукции, их удельный вес в валовом производстве отдельных регионов России. Рассмотрены нормативно-правовое регулирование и меры господдержки ЛПХ на федеральном и региональном уровнях.

Ключевые слова: личные подсобные хозяйства, нормативно-правовое регулирование, налоговый режим, самозанятые, сельскохозяйственная продукция, субсидия.

Постановка проблемы

Личные подсобные хозяйства (ЛПХ) в сельской экономике играют важную роль в решении таких задач, как производство сельскохозяйственной продукции для личного потребления и продажи, обеспечивающее повышение уровня жизни сельского населения за счёт увеличения реальных доходов и потребления продуктов питания; выравнивание уровня жизни отдельных групп населения; содействие сельской занятости, сохранение сельского населения и сельского образа жизни; трудовое воспитание и профессиональная ориентация сельской молодёжи.

Нормативно-правовое регулирование деятельности ЛПХ регламентируется законом Российской Федерации № 112-ФЗ от 07.07.2003 «О личном подсобном хозяйстве», в котором даны понятие «личные подсобные

хозяйства граждан» и возникающие в связи с ведением гражданами ЛПХ отношения. Личное подсобное хозяйство является формой непредпринимательской деятельности по производству и переработке сельскохозяйственной продукции. Целью использования земельных участков, предоставленных для личного подсобного хозяйства, является удовлетворение личных потребностей гражданина и совместно проживающих (или) совместно осуществляющих с ним ведение личного подсобного хозяйства членов его семьи.

По данным сельскохозяйственной микропереписи Росстата 2021 г., в России насчитывается 16,2 млн личных подсобных хозяйств, из которых 11,2 млн (69,2 %) осуществляли сельскохозяйственную деятельность, что на 8,1 % меньше, чем в 2016 г. (табл. 1).

Анализ табл. 1 показывает, что за последние пять лет средний размер площади сельскохозяйственных угодий одного ЛПХ составил 0,6 га, что на 15% меньше, чем в 2016 г., сократились общие посевные площади и поголовье скота и птицы. Вместе с тем исследования показывают, что в последние годы мелкие фермеры все чаще переходят в категорию товарных ЛПХ [1, 2]. В таких регионах, как Республика Алтай, Забайкальский край, средний размер площади сельскохозяйственных угодий ЛПХ составляет более 5 га, что позволяет заниматься товарным производством животноводческой продукции.

Цель исследования – анализ состояния ЛПХ и направлений мер государственной поддержки их дальнейшего развития.

Материалы и методы исследования

Исследования выполнялись на основе данных Росстата, нормативно-правовых документов, материалов сельскохо-

зяйственных переписей ЛПХ и других индивидуальных хозяйств граждан сельских населенных пунктов в 2016 и 2021 гг., личных наблюдений авторов с применением основных положений системного подхода.

Проведен анализ распределения субъектов Российской Федерации по доле ЛПХ в структуре производства сельскохозяйственной продукции, мер государственной поддержки ЛПХ граждан, зарегистрированных в налоговой службе в качестве самозанятых и являющихся плательщиками налога на профессиональный доход (специальный налоговый режим для самозанятых – НПД). Обоснованы методологические подходы к выбору мер поддержки ЛПХ на разных уровнях управления.

Результаты исследований и обсуждение

Несмотря на существенное сокращение размеров сельскохозяйственного производства и количества ЛПХ, они играют важную роль в обеспечении продовольственной безопасности страны и импортозамещения. На их долю в 2022 г. приходилось 24,1% производства сельскохозяйственной продукции, картофеля – более 60, овощей – 46,5, молока – 33,3, скота и птицы на убой – 16,6% (табл. 2). ЛПХ производят 50,3% мяса КРС, а также другую продукцию, отвечающую требованиям органического производства.

Доля ЛПХ в общем объеме производства сельскохозяйственной продукции существенно различается по федеральным округам и субъектам Российской Федерации. Так, в Центральном федеральном округе она составляет 14,9%, Северо-Западном – 17,6, Южном – 21,7, Северо-Кавказском – 43, Приволжском – 28,3, Уральском – 24,6, Сибирском – 25,2, Дальневосточном – 36,8%.

Таблица 1. Основные итоги сельскохозяйственных переписей ЛПХ и других индивидуальных хозяйств граждан сельских населенных пунктов в 2016 и 2021 гг.

Показатели	2016 г.	2021 г.
Число организаций (хозяйств) – всего, тыс.	16589,8	16227,3
Из них осуществлявшие сельскохозяйственную деятельность:		
в первом полугодии	12817,2	11227,2
от общего числа соответствующей категории организаций (хозяйств), %	77,3	69,2
Общая площадь сельскохозяйственных угодий, тыс. га	11653	9754
В том числе:		
пашня	2478	1931
сенокосы	2982	2110
пастбища	2280	2323
многолетние насаждения	158	133
залежь	3755	3258
Из общей площади сельскохозяйственных угодий фактически использовались, тыс. га	7898	6496
Посевная площадь сельскохозяйственных культур под урожай – всего, тыс. га	2191	1773
В том числе:		
зерновые и зернобобовые культуры	473	518
технические культуры	45	37
картофель	829	544
овощные и бахчевые культуры*	306	220
кормовые культуры	537	454
Структура посевных площадей по видам сельскохозяйственных культур (от общей посевной площади ЛПХ), %:		
зерновые и зернобобовые культуры	21,6	29,2
технические культуры	2,1	2,1
картофель	37,9	30,7
овощные и бахчевые культуры*	14	12,4
кормовые культуры	24,5	25,6
Площадь, тыс. га:		
многолетних плодовых насаждений и ягодных культур – всего	147	127
виноградников	9	5
Поголовье сельскохозяйственных животных, тыс. голов:		
крупный рогатый скот – всего	7876	6325
из него коровы	3314	2944
свиньи	3554	2079
овцы и козы – всего	11835	9318
птица	97 482	81 617
В среднем на одну организацию (хозяйство):		
общая площадь сельскохозяйственных угодий, га	0,7	0,6
общая посевная площадь сельскохозяйственных культур под урожай соответствующего года**, га	0,2	0,2
поголовье сельскохозяйственных животных***, голов:		
крупный рогатый скот	5	5
из него коровы	2	3
свиньи	4	3
птица	27	25

* Включая овощи закрытого грунта по ЛПХ и другим индивидуальным хозяйствам граждан сельских населенных пунктов.

** В расчете на одну организацию (хозяйство), имевшую общую посевную площадь.

*** В расчете на одну организацию (хозяйство), имевшую поголовье скота соответствующего вида.

В силу разных природно-экономических, территориальных и социально-демографических условий ведения сельского хозяйства в отдельных субъектах Российской Федерации доля ЛПХ в производстве сельскохозяйственной продукции значительно различается (табл. 3).

В первой группе субъектов, в которую входят в основном регионы с наиболее благоприятными природными условиями, а также расположенные вблизи мегаполисов, где развито крупнотоварное производство, доля ЛПХ не превышает 20%. В пятой группе, куда входят наиболее удаленные от крупных городов сибирские и дальневосточные регионы, а также Северо-Кавказские республики (Чеченская, Северная Осетия – Алания, Дагестан), где высока доля сельского населения, в ЛПХ производится более 50% сельскохозяйственной продукции.

Учитывая территориальные и социально-экономические факторы, роль ЛПХ в повышении доходов и обеспечении доступности продовольствия для населения в отдельных регионах, а также в отраслях, по которым не достигнуты показатели Доктрины продовольственной безопасности и потребления отдельных продуктов населением в соответствии с медицинскими нормами, Правительством России принимаются меры по поддержке развития ЛПХ и комплексного развития сельских территорий [4, 5].

Нормативно-правовое обеспечение государственной поддержки ЛПХ регламентируется ст. 7 Федерального закона от 07.07.2003 № 112-ФЗ, а также постановлениями Правительства России от 24 декабря 2021 г. № 2451 и от 18 апреля 2022 г. № 695 и другими актами, в которых предусмотрено распространение финансовых мер поддержки ЛПХ граждан, зарегистрированных в налоговой службе в качестве самозанятых и являющихся плательщиками налога на профессиональный доход (специальный налоговый режим для самозанятых – НПД).

Для получения финансовой поддержки ЛПХ необходимо вести похозяйственную книгу не менее 12 месяцев. Государственная поддержка самозанятых предоставляется на производство овощей, выращивание картофеля, производство молока, мясное скотоводство, овцеводство и козоводство.

Меры поддержки постоянно расширяются: в 2023 г. добавлены субсидии на производство товарной рыбы и продуктов переработки молока, а также компенсация затрат на выращивание крупного рогатого скота до двухлетнего возраста.

Таблица 2. Динамика и доля производства сельскохозяйственной продукции в личных подсобных хозяйствах Российской Федерации

Показатели	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2022 г. к 2018 г., %
Картофель, тыс. т	15237	14510	12796	11683	11530	75,7
Доля в общем объеме производства, %	68	65,7	65,2	63,9	61,4	
Овощи, тыс. т	7545	7296	6948	6909	6281	83,2
Доля в общем объеме производства, %	55,1	51,7	50,12	51,3	46,5	
Скот и птица на убой (в живой массе), тыс. т	3050	2972	2907	2825	2690	88,2
Доля в общем объеме производства, %	20,5	17,1	16,2	15,6	16,6	
Молоко, тыс. т	11855	11718	11499	11234	10999	92,8
Доля в общем объеме производства, %	38,7	37,4	35,7	34,7	33,3	
Яйца, млн шт.	8274	8174	8064	7919	7809	94,4
Доля в общем объеме производства, %	18,5	18,2	18,0	17,6	16,9	
Шерсть (в физической массе), т	26	23	23	22	20	76,9
Доля в общем объеме производства, %	46,5	46,7	44,3	45,5	44,2	
Мед, т	61149	59978	62441	60866	62900	102,9
Доля в общем объеме производства, %	94,1	94,4	94,1	94,3	93,9	

В 2024 г. самозанятым предоставляются налоговые вычеты, льготное кредитование и другие преференции. Для самозанятых на портале «Мой бизнес» размещены бесплатные консультационные материалы по поддержке и организации деятельности. Самозанятые имеют право участвовать в госзакупках, продавать товар на рынках и регистрировать свой товарный знак.

В рамках федерального проекта «Развитие картофелеводства и овощеводства» государство частично возмещает производителям затраты на выращивание картофеля и овощей (на каждую тонну проданной продукции). Размер субсидии для ЛПХ на реализацию картофеля и овощей рассчитывается индивидуально для каждого хозяйства в зависимости от количества реализованной продукции и ставки субсидии по региону, размер которой определяется объемом средств, выделенных из федерального и регионального бюджета.

Таблица 3. Распределение субъектов Российской Федерации по доле ЛПХ в структуре производства сельскохозяйственной продукции (в фактически действовавших ценах), 2022 г.

Доля ЛПХ в структуре производства сельскохозяйственной продукции, %	Число субъектов Российской Федерации	Субъекты Российской Федерации
До 20	23	гфз Санкт-Петербург (0), Чукотский (3,4) и Ненецкий (7,0) автономные округа, Белгородская (8,2), Курская (8,9), Орловская (10,3), Тамбовская (11,1), Псковская (11,3), Тульская (12,3) и Липецкая (12,7) области, Республика Мордовия (12,8), Рязанская (13), Ленинградская (13,2) и Пензенская (13,7) области, Ставропольский край (15,6), Вологодская область (16,1), Краснодарский край (16,5), Брянская (17,9), Воронежская (18,1) и Тюменская (18,1) области, Алтайский край (18,9), Калужская (19) и Владимирская (20) области
20,1-30	30	Кировская (20,1), Новосибирская (20,5), Амурская (21), Калининградская (21,3) и Ростовская (21,3) области, Пермский край (21,8), Ярославская область (21,9), Удмуртская Республика (22,1), Челябинская (22,1), Сахалинская (22,4), Тюменская (22,5), Томская (22,6), Новгородская (22,9) и Тверская (23,3) области, Республика Марий Эл (23,3), гфз Москва (23,5), Кемеровская область (23,6), Республика Коми (23,9), Смоленская (24,7), Волгоградская (25) и Ульяновская (25) области, Республика Крым (25,7), Курганская область (26), Красноярский (26) и Приморский (26,3) края, Нижегородская (26,8), Саратовская (26,8), Омская (27,4), Московская (28,8) и Свердловская (29) области
30,1-40	15	Мурманская (30,2) и Магаданская (31) области, Республика Татарстан (31,8), Костромская (32), Ивановская (34,1), Иркутская (34,6) и Оренбургская (35) области, Республика Адыгея (35,7), Самарская область (36,4), республики Ингушетия (36,7) и Башкортостан (37,2), Архангельская область (38,4), республики Калмыкия (38,7) и Чувашская (39,4), Астраханская область (39,5)
40,1-50	8	гфз Севастополь (40,3), Камчатский край (41,4), Архангельская область (42,1), республики Карелия (43,8), Кабардино-Балкарская (44), Карачаево-Черкесская (44) и Саха (Якутия) (45,3), Ямало-Ненецкий автономный округ (46,2)
Более 50	11	Еврейская автономная область (51,1), республики Чеченская (52,4), Хакасия (54,6), Бурятия (54,7), Алтай (59) и Северная Осетия – Алания (64,2), Ханты-Мансийский автономный округ – Югра (66,7), Хабаровский (67,1) и Забайкальский (75,2) края, республики Дагестан (76,1) и Тыва (76,3)

Источник: составлено автором.

В субъектах Российской Федерации самозанятым возвращают часть затрат, связанных с производством определенной продукции растениеводства и животноводства, которые определяются на основе анализа ретроспективных данных и доли региона в общегосударственных показателях. Самозанятым возмещается часть затрат по ставке на одну голову, 1 га или 1 т, направленных на обеспечение прироста производства овощей открытого грунта, картофеля, молока, развитие специализированного мясного скотоводства, овцеводства и козоводства. Размер помощи отличается по регионам. Так, в 2023 г. в Оренбургской области ставка субсидии составляла 6200 руб. на 1 т картофеля и 7200 руб. на 1 т овощей, в Чувашской Республике – 3000 руб. на 1 т картофеля и 2000 руб. на 1 т овощей. В Рязанской области субсидия предоставляется в размере 1 руб. на 1 кг произведенного и реализованного молока перерабатывающим предприятиям молочной промышленности [6, 7].

В отдельных субъектах, например Республике Татарстан, в планах господдержки ЛПХ на 2023 г. было предусмотрено стимулирование их развития за счет субсидий из регионального бюджета (табл. 4).

Благодаря поддержке развития ЛПХ и кооперации малых форм хозяйствования хозяйствами населения Республики Татарстан было произведено около 32% сельскохозяйственной продукции региона [8].

Выводы

1. ЛПХ производят около 25 % сельскохозяйственной продукции как для личного потребления, так и для продажи, что способствует повышению роста реальных доходов и выравниванию уровня жизни отдельных групп населения, содействует повышению сельской занятости, сохранению территориального расселения, сельского образа жизни и традиций, трудовому воспитанию и профессиональной ориентации сельской молодежи.
2. В 2022 г. в ЛПХ было произведено более 60% картофеля, 46,5 –

Таблица 4. Меры господдержки развития ЛПХ в Республике Татарстан, тыс. руб.

Наименование статей	Федеральный бюджет	Бюджет Республики Татарстан	Итого
Федеральный проект «Развитие отраслей овощеводства и картофелеводства»	66 528,4	44 352,3	110 880,7
Субсидии гражданам, ведущим ЛПХ, на возмещение части затрат:			
на строительство мини-ферм молочного направления		100 000	100 000
приобретение товарного и племенного поголовья нетелей и первотелок		8 000	8 000
приобретение молодняка птицы (индеек, гусей, уток, цыплят-бройлеров)		70 000	70 000
содержание кобыл старше трех лет		8 000	8 000
содержание дойных коров, козوماتок и козочек старше одного года		350 000	350 000
Вознаграждение 100 победителям конкурсов «Лучшие: ЛПХ, К(Ф)Х, СПОК, СП»		10 000	10 000

- овощей, 33,3 – молока, 16, 6 – скота и птицы на убой, 50,3% мяса КРС. Основной объем произведенной в хозяйствах населения продукции отвечает требованиям органического производства.
3. Природно-экономические, территориальные и социально-демографические условия ведения сельского хозяйства обуславливают долю и роль ЛПХ в производстве отдельных видов сельскохозяйственной продукции в субъектах Российской Федерации и меры господдержки их развития.
4. Меры государственной поддержки ЛПХ регламентируются нормативно-правовыми актами федерального, регионального и местного уровня управления. Размер субсидий различается по регионам. Самозанятым возмещается часть затрат по ставке на 1 голову или 1 га, 1т, направленных на обеспечение прироста производства и реализации определенной продукции.
- Список использованных источников
1. Кузнецова Н.А., Ильина А.В., Королькова А.П. Анализ состояния и направления развития сельскохозяйственных потребительских кооперативов // Техника и оборудование для села. 2020. № 10 (280). С. 32-34.
2. Kuznetsova N.A., Ilyina A.V., Korolkova A.P., Marinchenko T.E. Agricultural Consumer Cooperatives in Russia: State and Prospects for Development // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. Krasnoyarsk, Russian Federation, 2021. С. 22043.
3. Сельское хозяйство в России. 2023: Стат. сб. / Росстат. М., 2023. 103 с.
4. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/3e5/3e5941f295a77fdcfed2014f82ecf37f.pdf?ysclid=lv0dophu6x333220170> (дата обращения: 23.04.2024).
5. Если подсобные хозяйства ликвидируются, а малые и средние сельхозпредприятия придут в упадок, о снижении цен сказать сложно... [Электронный ресурс]. URL: <https://dzen.ru/a/YH04mcbeQJg0Bu5> (дата обращения: 23.04.2024).
6. Субсидия для ЛПХ-2024: реализация овощей и картофеля// <https://svoevse.ru/news/336?ysclid=lvb02237sg783440394> (дата обращения: 23.04.2024).
7. Меры государственной поддержки сельскохозяйственных товаропроизводителей Рязанской области. Рязань, 2022. 40 с.
8. Доклад заместителя Премьер-министра Республики Татарстан – Министра сельского хозяйства и продовольствия РТ М.А. Зяббарова на коллегии Минсельхоза России «Об итогах работы агропромышленного комплекса в 2022 г. и задачах на 2023 г.» [Электронный ресурс]. URL: https://agro.tatarstan.ru/file/pub/pub_3672589.pdf (дата обращения: 19.04.2024).

Personal Subsidiary Plots: Status and the Measures to Support Their Development

A.P. Korolkova, T.E. Marinchenko, A.V. Goryacheva (FGBNU "Rosinformagrotech")

Summary. The size and the share of personal subsidiary plots in the production of main types of agricultural products, their share in the gross production of some regions of Russia are shown. The legal regulation and measures of state support for personal subsidiary plots at the federal and regional levels are considered.

Key words: personal subsidiary plots, legal regulation, tax regime, self-employed workers, agricultural products, subsidies.