

ТЕХНИКА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СЕЛА

MACHINERY AND EQUIPMENT FOR RURAL AREA

В НОМЕРЕ

Техническая политика в АПК

Чавыкин Ю.И., Наумова Л.М. Формирование открытой информационной среды мониторинга результатов НИОКР научных и образовательных учреждений, подведомственных Минсельхозу России 2

Технико-технологическое оснащение АПК: проблемы и решения

Ревенко В.Ю., Скорляков В.И. Результаты оценки уровней максимального давления на почву колесных систем грузовых автомобилей 5
Системы автоуправления Ростсельмаш однозначно в плюсе 10

Технологии, машины и оборудование для АПК

Шутенко А.В., Хорт Д.О. Устройство для гидравлической прополки приствольных зон в садах интенсивного типа 12

Бондаренко Е.В., Подольская Е.Е., Иванов А.Б., Дулясова М.В. Использование погрузчиков в сельском хозяйстве 15

Царев Ю.А., Царев О.Ю., Чаплыгин М.Е., Адамчукова Е.Ю. Методы математического моделирования при обосновании основных конструктивных параметров зерноуборочных комбайнов 19

Припоров И.Е., Иванайский Р.Е. Система управления технологическим процессом измельчения жмыха подсолнечного 23

Кирсанов В.В., Кузьмина Т.Н. Анализ доильного оборудования, предлагаемого на российском рынке 26

Гордеев В.В., Авакимянц Е.В., Хазанов В.Е. Оптимизация параметров и режимов работы смесителя БМВД 29

Агеева Е.В., Серебровский В.И., Серникова О.С. Оценка состояния поверхности электроосажденных покрытий, полученных с применением диспергированных электроэрозией твердых сплавов 33

Аулов В.Ф., Рожков Ю.Н., Евсюков А.А. Сравнительный анализ результатов испытаний на объёмный износ упрочнённых сошников для внесения аммиака, полученных методом ТВЧ-борирования 36

Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение АПК

Виноградов А.В., Панфилов А.А., Виноградова А.В. Устройство сигнализации и блокировки несанкционированной подачи напряжения в сельскую электрическую сеть и его надёжность 39

Аграрная экономика

Малыха Е.Ф. Особенности современного рынка сельскохозяйственной техники 44

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 22.10.24 Заказ 148

УДК 63:001.891

DOI: 10.33267/2072-9642-2024-10-2-4

Формирование открытой информационной среды мониторинга результатов НИОКР научных и образовательных учреждений, подведомственных Минсельхозу России

Ю.И. Чавыкин,*канд. техн. наук, вед. науч. сотр.,
tchavikin@rosinformagrotech.ru***Л.М. Наумова,***науч. сотр.,
naumova@rosinformagrotech.ru
(ФГБНУ «Росинформагротех»)*

Аннотация. Рассматриваются информационные сервисы базы данных для формирования цифровой среды мониторинга и учета результатов интеллектуальной деятельности (РИД). Представлены алгоритмы информационных сервисов БД для систематизации и извлечения данных для аналитической обработки, предложены возможные пути интеграции БД. Приводятся результаты анализа отраслевых РИД на основе использования разработанных информационных сервисов. Предложена структура объединенной открытой информационной площадки для систематизации и анализа результатов НИОКР научных и образовательных учреждений, подведомственных Минсельхозу России.

Ключевые слова: результат интеллектуальной деятельности, база данных, учет НИОКР, коммерциализация.

Постановка проблемы

Создание и использование РИД является ключевым моментом оценки результативности научных и образовательных учреждений. За государственными заказчиками закреплена обязанность по осуществлению мероприятий, обеспечивающих вовлечение в оборот прав на результаты интеллектуальной деятельности, созданные в ходе финансируемых за счет бюджетных средств научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ; регулированию процесса приобретения права на результаты интеллектуальной деятельности (лицензия или исключительное право).

Ежегодно в соответствии со Сводным планом контрольных мероприятий, осуществляемых подразделениями Администрации Президента Российской Федерации совместно с Управлением Президента Российской Федерации по научно-образовательной политике, проводится проверка Минсельхоза России по исполнению законодательства и решений главы государства, направленных на создание единой системы управления исследованиями и разработками в гражданской сфере. Ежегодно Минсельхоз России подготавливает справку

о результатах научной деятельности подведомственных научных и образовательных учреждений. В ФГБНУ «Росинформагротех» проводятся работы по мониторингу и систематизации полученных результатов интеллектуальной деятельности (РИД) подведомственных Минсельхозу России учреждений.

Цель исследования – создание и модернизация информационных сервисов открытой интерактивной информационной среды («База данных результатов интеллектуальной деятельности научных и образовательных учреждений Минсельхоза России» [БД РИД]) для повышения эффективности планирования НИР и контроля использования РИД.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования являются информационные ресурсы государственных информационных систем ЕГИСУ НИОКТР и Роспатента, автоматизированная библиотечная система «ИРБИС-64». Для мониторинга создания, использования и коммерциализации РИД, созданных в подведомственных организациях Минсельхоза России, проводятся работы по формированию БД РИД для ведомственного учета результатов НИОКР.

Структура БД РИД содержит более 50 полей с описаниями свойств авторских свидетельств и патентов. БД РИД представлена в открытом доступе информационно-коммуникационной сети Интернет (<http://89.222.235.178/cgi-bin/WebIrbis3/Search1.exe?C21COM=Enter&I21DBN=RID2>). База данных зарегистрирована в Роспатенте от 06.09.2018 № 2018621460 [1, 2].

Для актуализации массива данных БД РИД использовалась информационно-поисковая система национального патентного ведомства «Роспатент», из которой были отобраны результаты интеллектуальной деятельности за 2023 г. Полнота выявленного информационного массива подтверждается тем, что в информационно-поисковой системе Роспатента отражаются сведения всех патентов, выданных на территории России. Отбор документов осуществлялся по принадлежности РИД к научному и образовательному учреждению, подведомственному Минсельхозу России [3, 4]. При анализе не учитывались РИД, полученные при выполнении НИР на региональном уровне и грантовом субсидировании научными фондами.

В БД РИД (на 01.09.2024) представлено 6037 патентов на изобретения, 1024 свидетельства на базы данных

Таблица 1. Статистика регистрации РИД научными и образовательными учреждениями, подведомственными Минсельхозу России

Наименование РИД	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Изобретения	782	484	430	597	670	757	627	697	596	578
Программы для ЭВМ	218	205	140	262	189	181	211	376	551	735
Базы данных	181	108	56	92	57	77	78	90	97	140
Полезные модели	393	328	371	335	482	467	351	475	554	511

и 3324 свидетельства на программы для ЭВМ, 177 селекционных достижений, полученных и зарегистрированных 54 образовательными учреждениями и 5 научно-исследовательскими институтами с 2014 по 2023 г. Обработывается массив данных из 4268 свидетельств на регистрацию полезных моделей. Динамика регистрации РИД отраслевыми учреждениями представлена в табл. 1.

В процессе исследования использовались методы информационного анализа и синтеза, экспертизы и информационно-аналитического мониторинга.

Результаты исследований и обсуждение

Анализ результатов НИОКР, выполненных в 2014–2023 гг. научными и образовательными учреждениями, показал, что после выполнения НИР регистрация в Роспатенте «научных» РИД составляет около 20% (2191 РИД) всех зарегистрированных. Основными генераторами РИД являются 13 учреждений, которые зарегистрировали более 50% РИД от общего количества учреждений, подведомственных Минсельхозу России (табл. 2). Многие базы данных и программы для ЭВМ (около 50%) реализуются в учебном процессе и являются мультимедийными лекционными материалами или учебными пособиями [3, 4].

В процессе актуализации БД РИД была решена задача получения данных об изменении статуса патентов в динамике по времени, что раскрывает ситуацию с коммерциализацией РИД в организациях-разработчиках. Изучение статуса правовой охраны РИД за 5 лет показал, что только 30% РИД поддерживаются разработчиком. Исследование подтверждает мнение специалистов, что в период с третьего по пятый год происходит добровольное прекращение разработчиком правовой охраны патента, так как повышается размер пошлины, и дальнейшая поддержка для разработчика становится затратной и нецелесообразной.

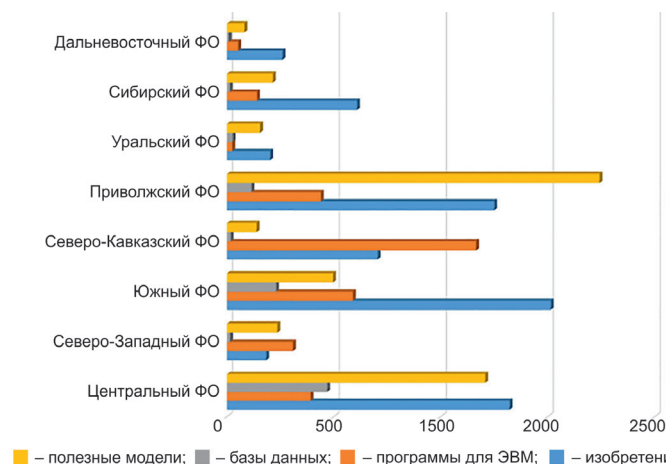
Для формирования в Минсельхозе России системы эффективного управления научной деятельностью требуется гармонизация взаимодействия научных и образовательных учреждений на региональном уровне. Статистика зарегистрированных РИД научными и образовательными учреждениями по федеральным округам Российской Федерации представлена на рисунке.

Для анализа РИД разработаны сервисы поиска по направлениям деятельности с использованием международного рубрикатора. Рубрикатор первого уровня состоит из 12 рубрик. Для более глубокого анализа направлений создания РИД требуется расширение рубрикатора на 2–3 уровня.

С целью повышения эффективности планирования и контроля научно-исследовательских программ научных и образовательных учреждений Минсельхоза России с 2018 г. в ФГБНУ «Росинформагротех» формируется БД «Научно-исследовательские работы научных и об-

Таблица 2. Основные генераторы РИД

Сокращенное наименование	Изобретение	Программа для ЭВМ	База данных	РИД
ФГБОУ ВО Ставропольский ГАУ	322	1112	17	1451
ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ	728	118	183	1029
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ	1209	-	-	1209
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева	251	96	445	792
ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ	525	240	15	780
ФГБОУ ВО Донской ГАУ	171	108	17	296
ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ	157	29	52	238
ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ	157	55	8	220
ФГБОУ ВО ДальГАУ	185	24	0	209
ФГБОУ ВО Горский ГАУ	264	0	1	265
ФГБНУ «РосНИИПМ»	85	85	5	175
ФГБНУ ВНИИЗР	60	9	67	139
ФГБНУ «Росинформагротех»	9	104	18	131



Статистика зарегистрированных РИД по федеральным округам Российской Федерации

разовательных учреждений Минсельхоза России» (БД НИОКР). В настоящее время в БД представлено 4578 документов. Она зарегистрирована в Роспатенте (№ 2018621534 от 26.09.2018) и представлена в открытом доступе сети Интернет (<http://89.222.235.178/cgi-bin/WebIrbis3/Search1.exe?C21COM=Enter&I21DBN=pmsx>).

В перспективе для ведения учета результатов НИР в Минсельхозе России необходимо создать единую базу данных научных исследований, в которую будут интегрированы данные из уже функционирующих отраслевых БД (БД РИД и БД НИОКР). Создание единой БД даст возможность определять передовые научные направления и научные тематики по исследуемым областям науки; выявлять организации-лидеры и ключевые научные коллективы или конкретных авторов-исследователей; эффективность расходования средств на исследования и разработки с увязкой с конкретными научными результатами и эффектами от их внедрения; точки роста на основе заделов по конкретным научным направлениям; производить мониторинг текущего состояния научного развития по исследуемым направлениям, а также проводить оценку результативности по установленным показателям. Для научных и образовательных учреждений проводить поиск научных и технологических бизнес-партнёров по исследуемым научным областям; осуществлять поиск технологий и научных коллективов-разработчиков технологий под задачи RND-центров; проводить поиск передовых научных и исследовательских направлений.

Работы по созданию единой БД по учету результатов НИОКР с использованием СУБД PostgreSQL планируется провести в 2025 г.



Выводы

1. Для решения аналитических задач структурирования и представления данных модернизированы информационные сервисы и функционал БД, разработаны функции полнотекстового поиска, сформированы специализированные рубрикаторы по направлениям деятельности и региональному принципу, что повышает эффективность анализа данных о научных разработках отраслевой науки. Проведены актуализация и пополнение массива БД РИД на 1514 документов.

2. Формирование и представление баз данных по учету результатов НИОКР позволит улучшить интеграцию всех звеньев информационной инфраструктуры в АПК, повысить общую управляемость при планировании отраслевых НИР в Минсельхозе России, что повысит уровень эффективности внедрения инновационных разработок в сельскохозяйственное производство.

Список использованных источников

1. Чавыкин Ю.И., Наумова Л.М. Учет результатов НИОКР в научных и образовательных учреждениях Минсельхоза России // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК : матер. XII Междунар. науч.-практ. интернет-конф. «ИнформАгро 2020». М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. С. 278-283.
2. Чавыкин Ю.И., Мишуров Н.П. Научно-практические аспекты формирования открытой информационной среды мониторинга результатов НИОКР научных и образовательных учреждений, подведомственных Минсельхозу России // Техника и оборудование для села. 2021. № 10 (292). С. 2-7.
3. Чавыкин Ю.И. Изобретательская активность образовательных учреждений, подведомственных Минсельхозу России // Техника и оборудование для села. 2022. № 5 (299). С. 7-10.
4. Чавыкин Ю.И. Интерактивные базы данных для учета и анализа результатов НИОКР образовательных учреждений, подведомственных Минсельхозу России // Техника и оборудование для села. 2023. № 10 (316). С. 21-25.

Formation of an Open Information Environment for Monitoring the Results of R&D of Scientific and Educational Institutions Subordinate to the Ministry of Agriculture of Russia

Yu.I. Chavykin, L.M. Naumova
(FGBNU "Rosinformagrotech")

Summary. The article deals with the information services of the database in the form of open digital environment to monitor and record the results of intellectual activity (RIA). The principles of operation of the information services of the DB for systematization and extraction of data for analytical processing are presented, possible ways of integrating several databases are proposed. The industry RIAs were analyzed with the use of the developed information services, the results of the analysis were presented. The structure of the unified open information platform to systematize and analyze the results of the R&D of scientific and educational institutions subordinate to the Ministry of Agriculture of Russia is proposed.

Key words: result of intellectual activity, database, R&D registering, commercialization.

УДК 631.3

DOI: 10.33267/2072-9642-2024-10-5-9

Результаты оценки уровней максимального давления на почву колесных систем грузовых автомобилей

В.Ю. Ревенко,
канд. техн. наук, вед. науч. сотр.,
skskniish@rambler.ru

В.И. Скорляков,
канд. техн. наук, вед. науч. сотр.,
skorlv@yandex.ru
(Новокубанский филиал
ФГБНУ «Росинформагротех»
[КубНИИТиМ])

Аннотация. Приведены результаты экспериментальной оценки уровня максимального давления на почву колесных систем грузовых автомобилей, работающих в составе уборочно-транспортного звена на уборке урожая озимой пшеницы в центральной зоне Краснодарского края. С помощью системы спутникового мониторинга определена доля следов автотранспорта со сверхнормативным воздействием на почву от общей площади убираемого поля.

Ключевые слова: грузовой автомобиль, уборка урожая, колесные движители, давление на почву, площадь следов.

Постановка проблемы

В современном сельскохозяйственном производстве, где эффективность и производительность играют ключевую роль, использование высокопроизводительных транспортных агрегатов для перевозки урожая стало неотъемлемой частью уборочного технологического цикла. Тем не менее именно данный вид техники, перемещаясь по сельскохозяйственным угодьям, оказывает наибольшее удельное давление на почву. При этом максимальное уплотнение почвенного покрова наблюдается в колесах грузовых автомобилей, участвующих в отвозе урожая от различных комбайнов (зерно-, кормо-, свеклоуборочных и др.) [1]. Их высокое давление на грунт обусловлено большими вертикальными нагрузками на колеса и малой площадью пятна контакта автомобильных шин

с опорным основанием [2]. Кроме того, перемещение автомобилей по полю с относительно высокой скоростью всегда сопровождается ростом динамической составляющей вертикальных напряжений в зоне контакта, которые в полной мере передаются в самые нижние горизонты почвы [3]. В результате уплотнения изменяется ее структурное состояние, снижается влагоёмкость, воздухопроницаемость, падает биологическая активность, а следовательно, потенциал продуктивности. Поскольку перемещения техники по полям являются регулярными, процесс уплотнения почвы становится перманентным, особенно в подпочве [4].

От результатов оценки уровней максимального давления на почву, оказываемого колесными системами грузовых автомобилей, а также доли площади поля, подверженной уплотнению грузовой техникой, зависит размер ущерба, наносимого колёсными системами транспортных средств структуре и физическому состоянию пахотного и подпахотного горизонтов почвы [5].

Исследование направлено на определение степени влияния различных факторов, таких как компоновка автомобиля, тип применяемых шин, нагрузка на колеса, частота проездов, на величину уплотняемой площади поля.

Цель исследования – оценить уровень воздействия на почву и возможные риски переуплотнения почвы наиболее распространенными образцами грузового автотранспорта, используемого на отвозе урожая от зерноуборочных комбайнов.

Материалы и методы исследования

Экспериментальные исследования проведены на базе экспериментального севооборота КубНИИТиМ с использованием его земельных угодий,

инфраструктуры, техники и оборудования, типичных для центральной зоны Краснодарского края.

Объекты исследования – ходовые системы грузовых автомобилей ЗИЛ-ММЗ-554 и КАМАЗ-53205, КАМАЗ-65207 («зерновоз»).

Технологическая ёмкость кузова первого образца соответствовала вместимости зернового бункера комбайна «Палессе GS-10», второго и третьего образцов – двух бункеров комбайна «Акрос-590».

Автомобили для перевозки зерна были укомплектованы шинами: ЗИЛ-ММЗ-554 – 260-508Р с внутришинным давлением $p_w = 0,5$ МПа; КАМАЗ-53205 – 10.00R20, при этом давление воздуха в колесах передней оси установлено, равным 0,6 МПа, а в колесах задней тележки – 0,5 МПа. Зерновоз КАМАЗ-65207 имел наиболее приспособленные для полевых условий относительно широкие колесные движители размерности 315/80R22,5, $p_w = 0,6$ МПа.

Распределение нагрузок по осям и колесам оценивали с использованием стационарных платформенных 60-тонных автомобильных весов РС-60Д24, оснащенных весовым индикатором CAS CI-200A и шестью тензометрическими датчиками Zemic HM-9B. Погрешность измерения весового комплекса – ± 30 кг (рис. 1). Для оценки осевой нагрузки грузовики последовательно заезжали на весовую платформу первой, второй и третьей (в случае с КАМАЗом) осями. Распределение нагрузок между колесами одной оси измеряли с помощью тензометрических весов CAS RW-10P с погрешностью ± 20 кг (рис. 2).

Контурную площадь пятна контакта шин с жесткой опорной поверхностью определяли для порожних и заполненных зерном объектов исследований.



Рис. 1. Взвешивание объектов исследований на платформенных весах



Рис. 2. Определение площади пятна контакта шин с опорой и осевых нагрузок у КАМАЗ-53205

Наполнение ЗИЛ-ММЗ-554 осуществлялось однократной разгрузкой бункера комбайна GS-10, автомобилей КАМАЗ – двумя бункерами комбайна Акрос-590. Измерения проводили в соответствии с ГОСТ Р 58656-2019 на ровной бетонной площадке. Отпечаток получали путем проведения нескольких циклов последовательных подъемов и опусканий колеса предварительно окрашенной мелом частью протектора на металлический лист толщиной 5 мм.

Растущая доступность данных высокого разрешения, получаемых и регистрируемых посредством глобальных навигационных спутниковых систем (GNSS), позволяет точно измерить объемы полевых транспортных перевозок и площадь переуплотненной почвы. Для регистрации перемещений исследуемые транспортные средства были оснащены трекерами системы спутникового мониторинга СКАУТ, регистрирующей координаты, скорость и направление передвижения техники. На рис. 3 приведен скриншот траекторий движения автомобилей

ЗИЛ-ММЗ-554 и КАМАЗ-53205 на поле № 1.3 экспериментального севооборота КубНИИТиМ.

Результаты исследований и обсуждение

Относительная площадь следов автомобилей на поле

Установка датчиков спутникового мониторинга на объекты исследования позволила определить с высокой точностью долю поля, покрываемую их следами. Отметим, что на величину пробега по полю транспортных средств, участвующих в уборочном процессе, в наибольшей степени влияет дислокация мест заполнения бункеров комбайнов, зависящая от урожайности убираемой культуры, ширины захвата жатки, емкости бункера, размеров поля и ряда других факторов [6]. Для поля 60 га № 1.3 экспериментального севооборота КубНИИТиМ с длиной гона 1000 м и средней урожайностью 60,4 ц/га в результате анализа траекторий перемещения техники и расчетов установлено следующее.

При использовании для отвоза зерна со всей площади поля автомобилей ЗИЛ-ММЗ-554 они должны совершить 63 циклов. В случае использования автомобилей КАМАЗ-53205 и КАМАЗ-65207 – соответственно по 26 циклов. При транспортировке зерна от комбайна «Палессе GS-10» с вместимостью бункера 7,2 м³ автомобилем ЗИЛ-ММЗ-554 его общий пробег по полю составил 76,4 км, т.е. в среднем 1,215 км за один цикл. При обслуживании в условиях данного поля комбайна «Акрос-590» (бункер 9 м³) пробег автомобилей КАМАЗ по полю составил в среднем 66 км, или 2,538 км за один цикл.

Часть переездов осуществлялась по так называемым «транспортным маршрутам», проложенным по краю поля. Их доля в общей площади поля обычно не превышала 0,4 %, поэтому указанную площадь не учитывали.

Умножив длину перемещений каждого из автомобилей на ширину оставляемых следов, получили площадь поля, подверженную уплотнению. Применительно к автомобилям типа ЗИЛ-ММЗ-554 данный показатель составил $S_{\text{ЗИЛ}} = 90,15$ тыс. м², КАМАЗ-53205 – $S_{\text{КАМАЗ-53205}} = 77,88$ тыс. м², КАМАЗ-65207 – $S_{\text{КАМАЗ-65207}} = 91,08$ тыс. м². С учетом общей площади поля, равной 60 га, доля площади следов, оставляемых на стерне автомобилем ЗИЛ, составила 15,02%, автомобилем КАМАЗ-53205 – 13, КАМАЗ-65207 – 15,18% (без учета пробега по краю поля).

Следует отметить, что приведенные данные касаются конкретных указанных автомобилей, отвозящих зерно от комбайнов определенной марки,

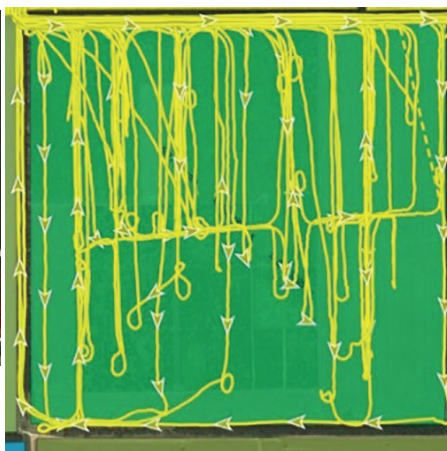


Рис. 3. Траектория движения самосвала ЗИЛ-ММЗ-554 (а) и КАМАЗ-53205 (б) во время уборки зерновых колосовых в 2024 г.

на конкретном поле. В других случаях могут быть получены некоторые отличия от полученных результатов, обусловленные иными факторами, в том числе субъективными [7].

Максимальное давление колес автомобилей на почву

Исходным показателем для расчета максимального давления является величина вертикальной нагрузки на колесо. При этом важно определить величины нагрузок, воспринимаемых передними и задними колесами автомобилей на разных стадиях их движения по полю (до и после приема зерна).

Результаты развесовок автомобилей приведены в табл. 1, из которой следует, что эксплуатационные массы сравниваемых автомобилей ЗИЛ и КАМАЗ отличались примерно на треть, а грузоподъемность – более чем вдвое.

Исходя из результатов развесовок, у ЗИЛ-ММЗ-554 в порожнем состоянии вертикальная нагрузка на ось одного колеса переднего моста составила 1135 кг, а при загрузке кузова зерном – 1535 кг. У КАМАЗ-53205 аналогичные показатели составили 2050 и 2350 кг соответственно, у КАМАЗ-65207 – 2275 и 2900 кг. При дальнейшей загрузке трехосных автомобилей (при приеме зерна от второго комбайна) вертикальная нагрузка на ось переднего колеса КАМАЗ-53205 увеличилась до 2650 кг, КАМАЗ-65207 – до 3500 кг.

Различия нагрузок на задние мосты автомобилей типа ЗИЛ и КАМАЗ заключаются в распределении массы у первого автомобиля на 4 колеса, а у второго – на 8. В результате в порожнем состоянии нагрузка на колесо у автомобиля ЗИЛ равнялась 722,5 кг, у КАМАЗ-53205 – 600 кг, а у КАМАЗ-65207 – 843,8 кг. После первого приема зерна данные показатели увеличились соответственно до 933,8, 1412,5 и 1600 кг. После второго приема зерна нагрузка на заднее колесо у КАМАЗ-53205 увеличилась до 2225 кг, а у КАМАЗ-65207 – до 2387,5 кг.

С учетом действующей вертикальной нагрузки на ось колеса и установленного внутришинного давления для реализации цели исследования были определены площади пятна контакта каждого из образцов шин. Затем

Таблица 1. Результаты развесовок объектов исследований

Вариант	Весовые параметры и нагрузки	Марка автомобиля		
		ЗИЛ-ММЗ-554	КАМАЗ-53205	КАМАЗ-65207
Порожний автомобиль	Нагрузка на переднюю ось, кг	2270	4100	4550
	Нагрузка на заднюю ось (заднюю тележку), кг	2890	4800	6750
	Полная масса автомобиля, кг	5160	8900	11300
Автомобиль после выгрузки зерна одним комбайном	Нагрузка на переднюю ось, кг	3070	4700	5800
	Нагрузка на заднюю ось (заднюю тележку), кг	7470	11300	12800
	Полная масса автомобиля, кг	10540	16000	18600
Автомобиль после выгрузки зерна двумя комбайнами	Нагрузка на переднюю ось, кг	-	5300	7000
	Нагрузка на заднюю ось (заднюю тележку), кг	-	17800	19100
	Полная масса автомобиля, кг	-	23100	26100

Таблица 2. Максимальное давление на почву колес автомобилей при отвозе зерна от комбайнов

Вариант	Максимальное давление на почву	Марка автомобиля		
		ЗИЛ-ММЗ-554	КАМАЗ-53205	КАМАЗ-65207
Порожний автомобиль	Колесо передней оси, кПа	203,6	289,7	215,3
	Колесо задней оси (задней тележки), кПа	136,2	113,1	101
Автомобиль после выгрузки зерна одним комбайном	Колесо передней оси, кПа	267	312,1	273,3
	Колесо задней оси (задней тележки), кПа	320,1	228,2	167,5
Автомобиль после выгрузки зерна двумя комбайнами	Колесо передней оси, кПа	-	365	314
	Колесо задней оси (задней тележки), кПа	-	306	228,8

по ГОСТ 58656-2019 рассчитали уровни максимального давления на почву единичных колесных движителей. Результаты вычислений приведены в табл. 2.

Полученные результаты сравнили с нормируемыми ГОСТ Р 58655-2019 предельными значениями максимально допустимого давления на почву $|q_{max}^k|$ с учетом влажности почвы в момент проведения исследований.

Так, у ЗИЛ-ММЗ-554 без зерна максимальное давление колес передней оси на почву составило $q_{max}^k = 203,6$ кПа, задних – $q_{max}^k = 136,2$ кПа, что ниже допустимого предельного значения $|q_{max}^k| = 210$ кПа для исследуемых почв, влажность которых не превышала в уборочный период значения в 0,5 НВ (НВ – наименьшая влагоемкость). После приема зерна от комбайна дав-

ление на почву колес передней оси превысило норматив на 27%, задней – на 52%.

Ходовые системы трехосных автомобилей оказались по-разному приспособлены к перемещениям по мягкому грунту. Так, колеса передней оси КАМАЗ-53205 даже в незагруженном состоянии оказывали высокое давление на почву – 289,7 кПа, что в 1,39 раза больше норматива. Камаз-65207 с широкими агрофильными шинами более адаптирован к переездам по полю, давление передних колес незначительно превысило норматив, а уровень давления задних составил всего 0,1 МПа.

Удельное давление на грунт загруженной трехосной техники существенно выше. У полностью загруз-

женного зерном (от двух комбайнов) КАМАЗ-53205 давление на почву колес передней оси составило $q_{max}^k = 365$ кПа, задней тележки – $q_{max}^k = 306$ кПа, у КАМАЗ-65207 – 314 кПа и 228,8 кПа соответственно.

Таким образом, ЗИЛ-ММЗ, передвигаясь по полю к месту загрузки, не оказывал значительного влияния на физические свойства почвы. Максимальное давление на почву находилось в рамках допустимых значений. То же самое можно сказать и о КАМАЗ-65207.

После загрузки кузова ЗИЛ-ММЗ максимальное давление на почву существенно возросло, превышая допустимое в 1,52 раза. По результатам спутникового мониторинга данное транспортное средство передвигалось по полю с пустым кузовом примерно столько, сколько и с заполненным, доля его следов со сверхнормативным воздействием на почву составила $\approx 7,5\%$ от общей площади поля.

Трехосный КАМАЗ-53205, даже передвигаясь в порожнем состоянии, оказывал сверхнормативное воздействие на почву шинами передней оси. В следах этих автомобилей, покрывающих 13% площади поля, уровень максимального давления на почву превосходит допустимый в 1,38-1,74 раза в зависимости от количества загруженного в кузов зерна.

КАМАЗ-65207 с уширенными шинами в незагруженном состоянии практически не уплотнял почву выше допустимого уровня. После забора зерна от первого комбайна максимальное давление колес передней оси на почву составило $q_{max}^k = 273,3$ кПа, превысив норматив в 1,3 раза. Колеса задней тележки уплотняли почву в меньшей степени ($q_{max}^k = 167,5$ кПа). При полной загрузке автомобиля давление колес передней оси превысило норматив в 1,5 раза, задней – в 1,09 раза. Доля переуплотненной почвы в следах составила 10,1%.

Выводы

1. В результате исследований установлено, что наиболее применяемые в хозяйствах автомобили в типичных условиях уборки озимой пшеницы в центральной зоне Краснодарского края (длина гона 1000 м и урожайность

60,4 ц/га) характеризуются общей длиной пробега в рабочем цикле обслуживания одного комбайна: ЗИЛ-ММЗ-554 – 1215 м, КАМАЗ-53205 и КАМАЗ-65207 – 2538 м. При этом доля площади поля, покрытая следами грузового транспорта, составила: для ЗИЛ-ММЗ-554 – 5,02%, КАМАЗ-53205 – 13 и КАМАЗ-65207 – 15,18%.

2. При оценке уровня максимального давления, оказываемого на почву ходовыми системами исследуемых образцов техники, установлено:

- максимальное давление на почву колес ЗИЛ-ММЗ-554 без зерна не превышало нормативных значений. После приема зерна от комбайна (+5,4 т) давление колес передней оси превысило норматив на 27%, задней – на 52%. Доля площади поля со сверхнормативным давлением составляет 7,5%;

- КАМАЗ-53205 колесами передней оси оказывает сверхнормативное давление на почву (289,7 кПа) даже в незагруженном состоянии. После приема зерна из двух бункеров давление возрастает до 365 кПа, что превышает норматив в 1,74 раза. Максимальное давление задних колес в порожнем состоянии составляет 113,1 кПа, а после приема зерна – 306 кПа. В следах этих автомобилей (13% площади поля) уровень максимального давления превосходит допустимый в 1,38-1,74 раза;

- наиболее адаптирован к передвижению по стерне КАМАЗ-65207 с уширенными шинами 315/80R22,5. Максимальное давление на почву его передних колес превысило норматив в 1,3 раза после приема зерна от первого комбайна и в 1,5 раза – от второго. При этом давление задних колес превысило норматив лишь в 1,09 раза, доля переуплотненной почвы в следах составила 10,1%.

3. Полученные данные позволяют не только оценить ущерб, наносимый почве, но и служить отправной точкой для разработки стратегии по снижению негативного воздействия транспортных средств на экосистему сельскохозяйственных угодий, новых технологий и практик в области сельскохозяйственной техники, направленных на снижение нагрузки на почву и повышение общей продуктивности сельскохозяйственных культур.

Список

использованных источников

1. Русанов В.А. Проблема переуплотнения почв движителями и эффективные пути ее решения. М.: ВИМ, 1998. 368 с.
2. Скорляков В.И., Ревенко В.Ю. Особенности воздействия на почву зерноуборочных комбайнов // Техника и оборудование для села. 2022. № 1. С. 25-29.
3. Keller T., Sandin M., Colombi T., Horn R., Or D. Historical Increase in Agricultural Machinery Weights Enhanced Soil Stress Levels and Adversely Affected Soil Functioning. Soil Tillage Res. No. 194, p.104293-104312. 2019. DOI: 10.1016/j.still.2019.104293.
4. T. Seehusen, R. Riggert, H. Fleige, R. Horn & Riley H. Soil compaction and stress propagation after different wheeling intensities on a silt soil in South-East Norway, Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science, No.69:4, p. 343-355, (2019) DOI: 10.1080/09064710.2019.1576762.
5. Небогин И.С., Баутин В.Н., Ильченко И.Р., Юшков Е.С. Воздействие на почву зерноуборочных комбайнов // Сб. науч. тр. Т. 118. М.: ВИМ. 1988. С. 141-148.
6. Назаров А.Н. Математическая модель пробега автомобиля по полю при отвозе зерна от комбайна / А.Н. Назаров, В.Ю. Ревенко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского ГАУ. 2024. № 196. С. 60-72. DOI 10.21515/1990-4665-196-008. EDN CLBPKJ.
7. Назаров А.Н. Алгоритм расчета траектории движения уборочно-транспортных агрегатов по полю / А.Н. Назаров, В.Ю. Ревенко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского ГАУ. 2023. № 191. С. 301-311. DOI 10.21515/1990-4665-191-037. EDN PWIAGR.

Results of the Assessment of Maximum Ground Pressure Levels of the Wheel Systems of Trucks

V.Yu. Revenko, V.I. Skorlyakov

(Novokubansk branch of the FGBNU "Rosinformagrotech" [KubNIITiM])

Summary. The article presents the results of an experimental assessment of the maximum pressure on the soil of the wheel systems of the trucks operating as part of a harvesting and transport unit during the harvesting of winter wheat in the central zone of the Krasnodar Territory. The share of vehicle tracks with an excessive impact on the soil from the total area of the harvested field was determined through the use of a satellite monitoring system.

Key words: truck, harvesting, wheeled drives, soil pressure, the area of tracks.

Реферат

Цель исследования – оценить уровень воздействия на почву и возможные риски переуплотнения почвы наиболее распространенными образцами грузового автотранспорта, используемого на отвозе урожая от зерноуборочных комбайнов. В результате исследований установлено, что наиболее применяемые в хозяйствах автомобили в типичных условиях уборки озимой пшеницы в центральной зоне Краснодарского края: ЗИЛ-ММЗ-554, КАМАЗ-53205 и КАМАЗ-65207. Доля площади поля, покрытая следами грузового транспорта, составила соответственно 15,02%, 13 и 15,18%. После приема зерна от комбайна (+5,4 т) давление колес передней оси превысило норматив на 27%, задней – на 52%. Доля площади поля со сверхнормативным давлением составляет 7,5%. КАМАЗ-53205 колесами передней оси оказывает сверхнормативное давление на почву даже в незагруженном состоянии. После приема зерна из двух бункеров давление превышает норматив в 1,74 раза. В следах этих автомобилей (13% площади поля) уровень максимального давления превосходит допустимый в 1,38-1,74 раза. Наиболее адаптирован к передвижению по стерне КАМАЗ-65207 с уширенными шинами. Максимальное давление на почву его передних колес превысило норматив в 1,3 раза после приема зерна от первого комбайна и в 1,5 раза – от второго. При этом давление задних колес превысило норматив лишь в 1,09 раза, доля переуплотненной почвы в следах составила 10,1%. Полученные данные позволяют не только оценить ущерб, наносимый почве, но и служить отправной точкой для разработки стратегии по снижению негативного воздействия транспортных средств на экосистему сельскохозяйственных угодий, новых технологий и практик в области сельскохозяйственной техники, направленных на снижение нагрузки на почву и повышение общей продуктивности сельскохозяйственных культур.

Abstract

The purpose of the study is to assess the level of impact on the soil and the possible risks of excessive impact on the soil by the most common types of trucks used to transport crops from the harvester-threshers. It was found that the most commonly used vehicles in the farms under typical conditions for winter wheat harvesting in the central zone of the Krasnodar Territory are: ZIL-MMZ-554, KAMAZ-53205 and KAMAZ-65207. The share of the field area covered by truck tracks was 15.02%, 13 and 15.18%, respectively. After receiving grain from the harvester-thresher (+5.4 t), the front axle wheel pressure exceeded the standard by 27%, and the rear axle wheel pressure by 52%. The share of the field area with excess pressure is 7.5%. The KAMAZ-53205 exerts excess pressure on the soil with its front axle wheels even when unloaded. After receiving grain from two bunkers, the pressure exceeds the standard by 1.74 times. The tracks of these vehicles (13% of the field area) demonstrate that the maximum pressure exceeds the permissible one by 1.38-1.74 times. The KAMAZ-65207 with wide tires is best suited for movement on the stubble. The maximum pressure on the soil of its front wheels exceeded the standard by 1.3 times after receiving grain from the first harvester-thresher and by 1.5 times after receiving grain from the second harvester-thresher. At the same time, the pressure of the rear wheels exceeded the standard by only 1.09 times, the share of the excessively impacted soil in the tracks was 10.1%. The data obtained not only allow us to assess the damage caused to the soil, but also serve as a starting point for developing a strategy to reduce the negative impact of the vehicles on the ecosystem of agricultural land, for applying new technologies and practices of using agricultural machinery aimed at reducing the load on the soil and increasing the overall productivity of agricultural crops.

Информация

AGROSALON
8-11 OCTOBER
2024

Итоги АГРОСАЛОНА-2024

С 8 по 11 октября Международная выставка сельхозтехники АГРОСАЛОН в очередной раз подтвердила статус крупнейшего в России события для всех профессионалов сельхозмашиностроения.

В Москве, в ВВЦ «Крокус Экспо», 547 компаний представили инновационные разработки, передовые технические решения и флагманские машины с высоким технологическим содержанием. На выставке были продемонстрированы бренды техники и оборудования из 17 стран мира. Организатором мероприятия выступила Ассоциация «Росспецмаш» при поддержке Минпромторга России.

В этом году 34 302 посетителя увидели и оценили весь спектр технических и технологических решений для ведения эффективного сельского хозяйства: комбайны, тракторы, кормоуборочную и почвообрабатывающую технику, посевные комплексы и погрузочные машины, оборудование для внесения удобрений, защиты растений, послеуборочной обработки и хранения урожая, а также IT-разработки, выводящие сельское хозяйство на новый уровень. На АГРОСАЛОН приехали 73 делегации из 35 регионов России и Республики Беларусь и 13 делегаций из стран дальнего зарубежья.

Мероприятие вызвало большой интерес со стороны государственных и бизнес-структур. 10 октября под руководством Председателя Государственной Думы Вячеслава Володина состоялось выездное заседание Совета Государственной Думы на тему «Развитие сельскохозяйственного машиностроения в Российской Федерации». В нем приняли участие руководители фракций, заместители Председателя Госдумы и председатели комитетов, Министр промышленности и торговли России

Антон Алиханов, Министр финансов России Антон Силуанов, президент ассоциации «Росспецмаш» Константин Бабкин и др.

На выставке состоялись 9 премьер, которые получили золотые звезды «АГРОСАЛОН-2024».

Самостоятельно оценить ходовые качества сельхозтехники гости смогли в специальной зоне «АГРОСАЛОН Драйв». На тест-драйвах возле павильона желающие могли посидеть за рулем зерноуборочных комбайнов Ростсельмаш Т500 и Гомсельмаш GS12, трактора Ростсельмаш 2400, телескопического погрузчика HELI.

Традиционно АГРОСАЛОН отличился не только экспозиционной частью, но и содержательной деловой составляющей, которая включала в себя 31 профильное мероприятие. В программе приняли участие руководители регионов, федеральных министерств и ведомств, крупнейших предприятий сельхозмашиностроения, агрохолдингов и фермерских хозяйств, иностранные делегации, представители регионов России, экспертного сообщества отрасли и СМИ.

В заключительный день выставки прошел форум «День молодежи — АГРОПОКОЛЕНИЕ», на который съехались более 1200 юных инженеров из 30 ведущих аграрных учебных заведений России.

Международный проект АГРОСАЛОН стал местом демонстрации последних разработок, а также деловых переговоров и дружеских встреч с давними партнерами. За четыре дня активной работы на стендах участники достигли поставленных целей, заключили многочисленные контракты, обеспечили свои предприятия новыми заказами и провели переговоры с новыми партнерами.

**Следующая выставка АГРОСАЛОН
пройдет с 6 по 9 октября 2026 г.**

Системы автоуправления Ростсельмаш однозначно в плюсе



Из всех электронных систем, применяемых в земледелии, наибольшее распространение, вероятно, получили так называемые «автопилоты». Ростсельмаш считает это название некорректным и представляет подобные электронные инструменты своей марки системами автоуправления. Сейчас производитель предлагает две базовые модели: гидравлическую РСМ Агротроник Пилот 1.0 и электрическую РСМ Агротроник Пилот 1.0 электроруль. Обе они, по отзывам владельцев и операторов агромашин, экономят все виды ресурсов – трудовых, материальных и временных.

Обе системы работают по сигналам всех спутниковых систем ГНСС и при использовании RTK-станций обеспечивают точность движения машин от прохода к проходу до 2,5 см на любом рельефе. «Взаимодействие» между бортовым блоком и станцией лежит в радиочастотном диапазоне, что снижает зависимость РСМ Агротроник Пилот 1.0/1.0 электроруль от наличия устойчивого сигнала сотовых операторов.

РСМ Агротроник Пилот 1.0 электроруль

Система автоуправления РСМ Агротроник Пилот 1.0 электроруль разработана для тракторов Ростсельмаш 2000, но может использоваться на других машинах со схожими параметрами (габариты, колесная база, угол поворота, «геометрия» взаимодействия с орудиями и т.д.). Причем за счет широких возможностей калибровки и отсутствия необходимости вмешательства в гидравлическую систему агромашины возможно ее успешное применение на тракторах с большим сроком эксплуатации, т.е. с «неидельными» параметрами рулевого управления.

Функционал РСМ Агротроник Пилот 1.0 электроруль шире, чем у подруливающих устройств или систем параллельного вождения:

- ✓ «запись» поля (отбивка контура):
по правой или левой стороне орудия,
по оси трактора;
- ✓ ведение трактора в загонке:
по параллельным прямым,
по повторяющимся кривым,
по азимуту (курсу),
вкруговую;
- ✓ оповещение оператора о необходимости поднять орудие или выглубить рабочие органы;
- ✓ автоматический разворот по оптимальной траектории с точным возвращением в загонку;
- ✓ закрытие разворотной полосы.

Систему успешно применяют на всех почвообрабатывающих операциях и посеве, отмечая не только существенную экономию времени и горючего, но и повышение качества работ. Так, специалисты семеноводческих хозяйств обращают внимание не только на безупречную прямолинейность рядков, отсутствие не только перекрытий или пропусков, но даже видимых «тесных» стыков. Напомним, что при посеве зерновых без применения устройств точного позиционирования более 3% площадей засеваются с перекрытием в 2-3 рядка. Это приводит не только к перерасходу посевного материала, но и угнетению загущенных растений.

Нивелируя сразу несколько негативных факторов: потери времени (в том числе за счет снижения производительности, обусловленной усталостью оператора машины), повышенный расход топлива, семенного материала (и стартовых доз удобрений), загущение растений или «проплешины», система автоуправления РСМ Агротроник Пилот 1.0 электроруль обеспечивает реальный рост рентабельности.

В комплекс поставки, если речь идет о монтаже системы в условиях хозяйства, входит:

- ✓ блок антенн (с классом влагозащиты IP 66): 2 антенны для приема сигналов ГЛОНАСС L1/L2, GPS L1/L2, Galileo E1/E5b, BDS B1/B2/B3; 1 радиоантенна для приема в УКВ-диапазоне (410–470 МГц) поправок от RTK-станции; 1 антенна 3G для приема поправок RTK через сеть Интернет и серверы;
- ✓ управляющий модуль с дисплеем (класс влагозащиты IP65);

- ✓ рулевое колесо с электроприводом рулевого вала (класс влагозащиты IP65);
- ✓ датчик угла поворота;
- ✓ датчик инерциальной системы (крен-тангаж).

Кстати, именно наличие датчика крен-тангажа снимает зависимость точности позиционирования от особенностей рельефа. РСМ Агротроник Пилот 1.0 электроруль по точности и функционалу не уступает «гидравлике», а по стоимости значительно выигрывает, поэтому может служить практически «равноценной заменой» более сложным и дорогим системам параллельного вождения с гидравлическим приводом.

PCM Агротроник Пилот 1.0

Система автоуправления с гидравлическим приводом РСМ Агротроник Пилот 1.0 также разрабатывалась для агромашинок марки Ростсельмаш. Сейчас по большей части этот инструмент устанавливают на комбайны, причем преимущественно в заводских условиях, хотя растет число заявок на внедрение системы на уже эксплуатирующиеся машины.

PCM Агротроник Пилот 1.0 своим функционалом тоже отличается от «обычных» инструментов параллельного вождения:

- ✓ ведение машины по параллельным прямым, повторяющимся кривым, по курсу;
- ✓ автоматическое поднятие жатки (орудия) перед разворотом и опускание при входе в загонку*;
- ✓ для агромашинок с установленной системой РСМ Адаптивный круиз-контроль – вывод машины на маневровую скорость перед разворотом и плавный выход на рабочую скорость при возвращении в загонку;
- ✓ автоматические развороты по оптимальной траектории;
- ✓ прием заданий.

Согласно результатам полевых наблюдений, за сезон установленная на зерноуборочный комбайн система автоуправления РСМ Агротроник Пилот 1.0 позволяет хозяйству получить очень существенную выгоду. Например, на обмолоте пшеницы, гороха, льна и сои общей площадью 1 650 га комбайном TORUM 785, агрегированным жаткой

шириной захвата 9 м, за счет сокращения сроков уборки, снижения потерь урожая самоосыпанием, экономии горючего предприятие может дополнительно «выручить» 1 235 895 руб.

Операторы комбайнов объясняют эффект тем, что с ростом усталости увеличивается размер перекрытий. Если в начале смены они составляют порядка 30 см, то к концу их величина может превысить 50 см. Кроме того, остаются клинья, непрокосы, которые требуется «добирать», что ведет к потере времени и перерасходу горючего. При работе с системой РСМ Агротроник Пилот 1.0 – «все ровно и красиво».

Несколько слов нужно сказать о поправочном сигнале и RTK-станции РСМ. Система РСМ Агротроник Пилот 1.0 может работать как с корректирующими сигналами типа DGPS и PPP, так и с высокоточными «поправками» RTK. Сейчас Ростсельмаш предлагает два варианта станций – стационарные и передвижные. Первая обеспечивает «покрытие» радиусом до 30 км, вторая – до 5 км. Кстати, время работы передвижной (или как ее еще называют, мобильной) станции увеличено до 16 ч.

Подключить к любой из них можно любое число машин. А поправочный сигнал Ростсельмаш раздает бесплатно, что является очень выгодным предложением, учитывая дороговизну подписок сторонних сервисов.

RTK-станция – опция для систем автоуправления РСМ Агротроник Пилот 1.0 и РСМ Агротроник Пилот 1.0 электроруль, но производитель рекомендует ее приобрести, поскольку без поправок точность позиционирования снижается. Хотя нужно отметить, что в ряде хозяйств, по разным причинам не использующих поправочный сигнал, утверждают, что даже при таких условиях эксплуатации величину перекрытий удастся снизить до 15-10 см. Конечно, это несравнимо с 30-50 см, которые часто наблюдаются при работе с широкозахватными агрегатами.

* Для тракторов эта функция доступна, если они оснащены электрогидравликой и функцией разворотной полосы.



УДК 631.343

DOI: 10.33267/2072-9642-2024-10-12-14

Устройство для гидравлической прополки приствольных зон в садах интенсивного типа

А.В. Шутенко,аспирант,
pilotklin6@mail.ru**Д.О. Хорт,**д-р техн. наук, гл. науч. сотр., зав. лаб.,
dmtriyhort@mail.ru
(ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

Аннотация. Описана конструкция разработанного устройства для гидрообработки приствольных зон садовых насаждений. Для оценки характеристик сплошности обработки почвы (площадь угнетённой растительности относительно общей площади) и определения оптимальных параметров работы устройства проведено экспериментальное исследование в саду ВИМ. Глубина обработки почвы составляет 1-2 см, количество угнетённых сорных растений – 80%.

Ключевые слова: гидрообработка почвы, приствольные зоны, интенсивные сады, мульчирование, форсунки, универсальная роботизированная платформа.

Постановка проблемы

Обработка почвы в прикорневой зоне плодовых культур в интенсивных садах является важной технологической задачей в процессе ухода за насаждениями. Одним из перспективных направлений в садоводстве является использование устройств для гидрообработки приствольных зон садовых насаждений [1]. Этот способ обработки отличает экологичность, простота, сбережение корневой системы [2]

Для работы устройства необходимо сформировать струю воды, способную надёжно разрушать задернелый почвенный покров [3], угнетая сорную растительность, обеспечивая при этом ширину захвата рабочего органа порядка 300-450 мм [4]. В производимых зарубежной промышленностью современных агрегатах для гидрообработки приствольных зон используются вращающиеся головки из нескольких форсунок. Недостатками подобной конструкции являются необходимость создания высокого давления в агрегате, большой расход жидкости и использование дорогостоящих вращающихся головок.

Для решения этих проблем предлагается использовать форсунки оригинальной конструкции типа турбофрез с соплами, образующими плоскую струю, что позволит увеличить ширину захвата каждой струи и агрегата в целом [5]. Для обеспечения необходимой ширины захвата предложен кривошипно-шатунный механизм, перемещающий струю воды на необходимую ширину захвата и не требующий сложных вращающихся головок.

Цель исследования – разработать устройство для гидрообработки приствольных зон садовых насаждений с выявлением наиболее эффективных режимов гидравлического уничтожения сорной растительности, с оценкой по критерию сплошности обработки почвы (площадь угнетённой растительности относительно общей площади).

Материалы и методы исследования

Для проектирования форсунки использовался САПР Solid Works 2021. [6]. Устройство навешивается на универсальную роботизированную платформу (УРП), разработанную в ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (рис. 1).

На раме смонтированы основные составные части и сборочные единицы, крепление которых производится посредством болтовых и сварных соединений. Работа устройства осуществляется от электрической системы УРП (аккумуляторы ёмкостью 240 А·ч), электропитание необходимо для работы насоса высокого давления (14 МПа), а также привода механизма качания.

Устройство состоит из форсунки, соединённой с жесткой частью трубопровода высокого давления, который прикреплен к кривошипно-шатунному механизму качания, что обеспечивает перемещение форсунки и задаёт ширину захвата. Данная конструкция через опору механизма качания соединена рамой крепления с УРП (рис. 2).

При выполнении технологической операции удаления сорной растительности форсунка приводится в движение посредством электродвигателя и механизма качания, подключенного к электросистеме трактора. Плунжерный насос (подача 6 л/мин) создает поток жидкости под давлением до 14 МПа в направлении сопла форсунок, которые, распыляя рабочую жидкость струей шириной 2,5-10 см (в зависимости от типа форсунки и высоты работы), оказывают механическое воздействие на сорную растительность и почву.

В качестве рабочей жидкости используется чистая водопроводная нефилтрованная вода, плотностью 1000 кг/м³. Подача рабочей жидкости осуществляется из бака (1000 л) с предварительной очисткой фильтром грубой очистки. Регулировка вертикального и горизонтального положения форсунки осуществляется с помощью регулировочных отверстий в месте крепления рамы к УРП, а также изменением положения точки зажима трубопровода аппарата высокого давления.

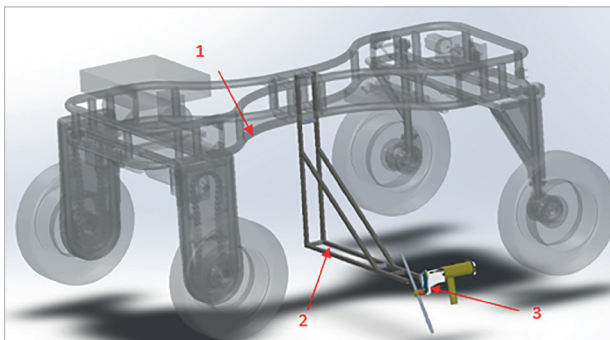
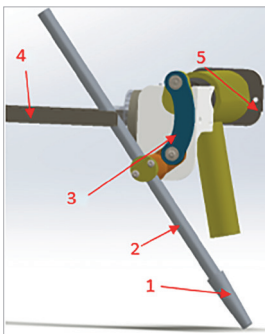


Рис. 1. Устройство для гидравлической прополки приствольных зон в садах, смонтированное на УРП: 1 – УРП; 2 – рама крепления к УРП; 3 – устройство для гидравлической прополки приствольных зон в садах

Рис. 2.
Спроектированная
модель рабочего органа
гидрообработки
приствольных зон на УРП:
1 – форсунка; 2 – трубопровод
аппарата высокого давления;
3 – кривошипный механизм
качания;
4 – рама крепления к УРП;
5 – электродвигатель



Моделирование динамики работы агрегата с целью установления сил, действующих на части агрегата, а также необходимых характеристик электромотора для обеспечения необходимых параметров движения рабочего органа проводилось в программе ALTAIR INSPIRE. В результате исследования подобран электромотор с частотой вращения 630 мин^{-1} , крутящим моментом 15 Н·м , мощностью 1 кВт .

Для исследований использовались стандартная насадка с плоской струей, стандартная турбонасадка, турбонасадка разработанной конструкции, аппарат высокого давления ($P = 140 \text{ бар}$, максимальный расход $Q = 360 \text{ л/ч}$). Изготовленное устройство было смонтировано и подключено к УРП, вручную регулировались высота форсунки (зажимным хомутом для трубопровода высокого давления) и угол наклона (регулирующим сектором) – рис. 3.

Для выявления наиболее эффективных режимов гидравлического уничтожения сорной растительности на промышленной плантации яблоневого сада возрастом до 5 лет был проведен факторный эксперимент в исследовательском саду ВИМ. Выбран сильно задерненный участок почвы с количеством сорняков 500 шт/см^2 . Исследование проводилось на следующих режимах работы: высота среза сопла форсунки от поверхности почвы, см: 3, 5, 8, 10, 12 и 15; угол расположения струи воды к поверхности почвы – 90° и 45° .

В качестве изменяемых факторов выбраны угол наклона форсунки к поверхности почвы, расстояние до поверхности почвы и различные виды форсунок. Интервал варьирования факторов установлен исходя из предварительных полевых испытаний машины. Эксперимент проведен в двукратной повторности. Факторный план эксперимента с параметрами работы представлен в табл. 1.

В качестве выходного фактора принято количество удаленной растительности относительно общей площади рассматриваемого участка. Результаты обработки оценивались следующим способом.

Обработанное место фотографировалось с высоким разрешением (рис. 4).

Далее с помощью программы PAINT 3D и её модуля определения похожих по набору цветов областей изображения выделяются на фотографии зоны с удовлетворительно удаленной растительностью. Зоны с обработанной почвой закрашиваются контрастным цветом с целью их последующей обработки. После этого применяется web-калькулятор набора цветов изображения, который выявляет площадь контрастного цвета на изображении, по этим данным определяется доля площади обработанного участка почвы.

Таблица 1. Условия планирования факторного эксперимента

Факторы	Кодированные значения	Нижний уровень (–1)	Основной уровень (0)	Верхний уровень (+1)	Интервал варьирования
Расстояние до поверхности почвы см	x1:	3	9	15	6
Угол наклона, град	x2:	45	67,5	90	22,5



Рис. 3. Устройство гидрообработки приствольных зон садовых насаждений, смонтированное на УРП, и размеры зоны обработки

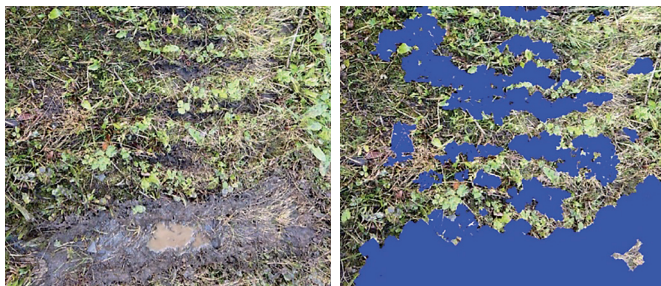


Рис. 4. Заливка контрастным цветом фотографии для оценки качества обработки поверхности почвы

Таблица 2. Планирование трехфакторного эксперимента

Номер опыта	Матрица планирования		Расстояние до поверхности почвы, см	Угол наклона
	x1	x2		
1	–1	–1	3	45°
2	+1	–1	15	45°
3	–1	+1	3	90°
4	+1	+1	15	90°

Статистическая обработка полученных результатов эксперимента проведена с помощью математического моделирования методом планирования полевых экспериментов.

План факторного эксперимента для каждого вида форсунок с кодированным значением входных и выходных факторов приведен в табл. 2. При обработке данных и расчете натуральных значений факторов использовались стандартные методы: линейная интерполяция, проверка адекватности моделей по критерию Стьюдента – Фишера и дисперсия воспроизводимости в параллельных опытах.

Результаты исследований и обсуждение

Основные показатели полученных в результате статистической обработки данных представлены в табл. 3.

По результатам анализа полученных данных рассчитаны коэффициенты математической модели. Найдена функция отклика тематической модели:

● для турбофрезы:

$$y_1 = (33,36) + (-22,6) x_1 + (1,11) x_2; \quad (1)$$

● для форсунки с плоской струей:

$$y_2 = (8,75) + (-7,81) x_1 + (0,21) x_2; \quad (2)$$

● для форсунки разработанной конструкции:

$$y_3 = (40,54) + (-39,59) x_1 + (1,44) x_2. \quad (3)$$

В результате проведенных исследований установлено, что наибольшее количество удаленной растительности достигается при высоте форсунки 3 см и угле к поверхности почвы 90°. Построена графическая интерпретация функции двух переменных в кодированном виде (рис. 5).

В результате исследований определена глубина проникновения при высоте форсунки 10, 5 и 3 см – соответственно 5, 20 и 30 мм. Ширина следа составила 400 мм. В результате обработки результатов получена площадь обработанной поверхности почвы (процент удаленной растительности) при различных режимах работы агрегата в натуральных значениях (рис. 6).

Анализ результатов показал, что наибольшую эффективность агрегат показал при следующем режиме работы: высота до поверхности почвы – 3 см, угол наклона – 90°. Наилучшую сплошность обработки показала форсунка разработанной оригинальной конструкции. При этом изменение угла наклона форсунки относительно нормали к поверхности почвы ведёт к незначительному уменьшению сплошности обработки.

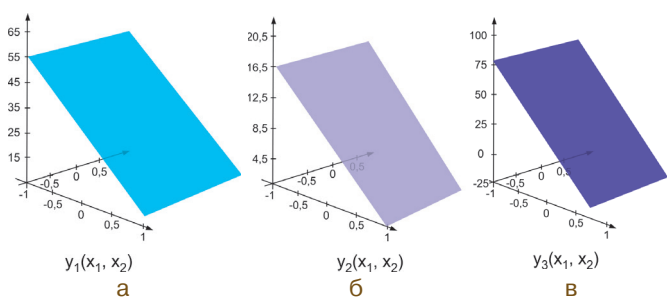


Рис. 5. График поверхности функции отклика: а – турбофрезы y_1 ; в – форсунки с плоской струей y_2 ; в – форсунки разработанной конструкции y_3

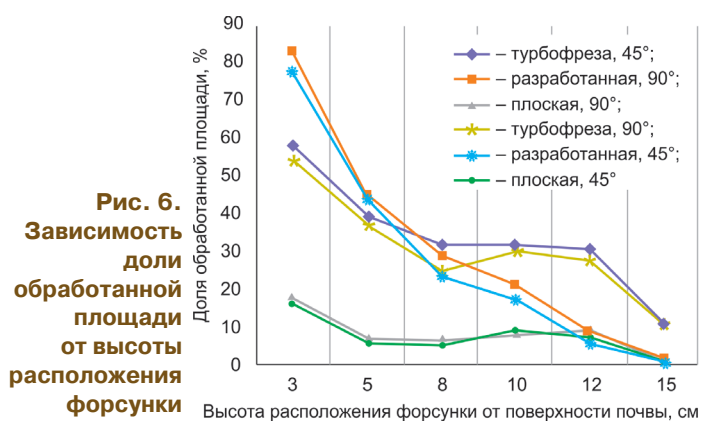


Рис. 6. Зависимость доли обработанной площади от высоты расположения форсунки

Таблица 3. Результаты статистической обработки полученных данных

Показатели	Турбо-фреза	Форсунка с плоской струей	Модернизированная форсунка
Степень свободы	4	4	4
Значение критерия Стьюдента	30,7	53,8	10,6
Степень свободы при значимых коэффициентах	1,00	1,00	1,00
Табличное значение критерия Фишера	6,94	6,94	6,94
Расчетное значение критерия Фишера	1,5	1,5	1,5

Выводы

1. В результате работы было разработано устройство гидрообработки пристовольных зон садовых насаждений, позволяющее комфортно обрабатывать пристовольные зоны садовых насаждений. Так, для соблюдения требований по обработке почвы полосой в упор к стволу растения рабочий орган должен располагаться на расстоянии 35-40 см от ствола.

2. Устройство обеспечивает сплошную обработку пристовольных зон без механизмов отклонения рабочего органа для обхода стволов плодовых деревьев. Испытания показали хорошие результаты по угнетению сорной растительности. Глубина обработки составила 1-2 см. Наилучшую сплошность обработки (83%) показала форсунка разработанной конструкции при высоте от поверхности почвы 3 см и угле наклона 90°.

Список использованных источников

1. Khort D.O., Shutenko A.V., Filippov R.A., Semichev S.V. Automated stand for the study of injectors made of polymer materials for hydraulic weed destruction // International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTME 2020 Т. 193. 2020.
2. Алиев Т.Г.-Г., Бобрович Л.В., Усова Г.С., Мацнев И.Н., Пальчиков Е.В. Перспективные системы содержания почвы в интенсивных садах семечковых культур // Технологии пищевой и перераб. пром-ти АПК – продукты здорового питания. 2019. № 2. С. 29-33.
3. Русинов А.В. и др. Сохранение плодородия орошаемых почв путем снижения негативного воздействия дождя ДМ «Фрегат», 2021.
4. Сороченко С.Ф., Чулкин Н.М., Раззамазов Н.И., Угаров В.А. Машина для пристовольной обработки почвы // Ползуновский альманах. 2022. № 3. С. 128-130.
5. Шутенко А.В., Хорт Д.О. Определение давления струи воды на поверхность почвы в зависимости от вида форсунки и режима работы струи // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2023. Т. 70. № 2 (51). С. 82-87.
6. Ольховский И.А., Меженев В.А., Данилов М.М. Применение вычислительной гидродинамики при конструировании пожарных стволов // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2020. № 3. С. 69-76.

Device for Hydraulic Weeding of the Near-tree Trunk Areas in Intensive Gardens

A.V. Shutenko, D.O. Khort
(FGBNU FNATS VIM)

Summary. The design of the device for hydrotreatment of the near-trunk areas of garden plantings is described. To assess the characteristics of soil processing continuity (the area of the oppressed vegetation relative to the total area) and determine the optimal operating parameters of the device, an experimental study was conducted in the VIM garden. The depth is 1-2 cm, the percentage of the weeds is 80%.

Key words: hydro-treatment of soil, tree trunk zones, intensive gardens, mulching, nozzles, universal robotic platform.

УДК 631.3.001.4:006.354

DOI: 10.33267/2072-9642-2024-10-15-18

Использование погрузчиков в сельском хозяйстве

Е.В. Бондаренко,
науч. сотр.,
Evgbond3190063@yandex.ru

Е.Е. Подольская,
науч. сотр.,
gost304@yandex.ru

А.Б. Иванов,
науч. сотр., канд. техн. наук,
artem_b_ivanov@mail.ru
(Новокубанский филиал
ФГБНУ «Росинформагротех»
[КубНИИТиМ])

М.В. Дулясова,
канд. техн. наук, д-р экон. наук, проф.,
врио директора
(ФГБНУ «Росинформагротех»)

Аннотация. Рассмотрены классификация и виды погрузчиков, их использование в сельском хозяйстве, преимущества, особенности применения и перспективы развития и эксплуатации. Проведен анализ показателей качества выполнения технологического процесса при испытаниях погрузчиков, проведенных на машиноиспытательных станциях (МИС) Минсельхоза России в соответствии с действующей нормативной документацией.

Ключевые слова: погрузчик, испытания, показатели качества, технологический материал.

Постановка проблемы

В современном сельском хозяйстве эффективное управление ресурсами и оптимизация процессов являются ключом к успеху. Одним из важных аспектов этой оптимизации является использование специальной техники, такой как погрузчики и транспортеры. Эти машины играют значительную роль в повышении производительности труда и снижении затрат на сельскохозяйственных предприятиях [1].

Погрузчики широко используются в сельском хозяйстве для решения различных задач, начиная от погрузки зерна и кормов и заканчивая уборкой урожая. Они эффективны в работе с сыпучими материалами (зерно, песок, удобрения и др.). Могут оснащаться

различными вспомогательными инструментами (ковши, вилы и др.), что делает их более универсальными.

Одним из ключевых преимуществ использования погрузчиков является их способность значительно уменьшить физический труд и время, затрачиваемое на погрузочно-разгрузочные работы. Это особенно важно в крупных хозяйствах, где объемы работы могут быть значительными.

Эффективность и универсальность погрузочно-разгрузочных работ – факторы, определяющие производительность сельского хозяйства. Сочетая в себе различные функции, погрузчик имеет широкий спектр преимуществ для различных отраслей промышленности и сельского хозяйства, поэтому выбор для товаропроизводителя является сложной задачей, решить которую поможет, в том числе, анализ результатов испытаний данных машин, проведенных на машиноиспытательных станциях (МИС) Минсельхоза России.

Цель исследований – анализ погрузчиков различных типов и результатов испытаний их на соответствие нормативным требованиям по качеству выполнения технологических процессов, перспектив развития и интеграции.

Материалы и методы исследования

В качестве материалов исследования использованы результаты испытаний сельскохозяйственных погрузчиков различных типов, проведенных на МИС Минсельхоза России, по определению показателей качества выполнения технологического процесса в соответствии с действующей нормативной документацией.

Оценку машин и оборудования для погрузки, разгрузки при испытаниях проводили по ГОСТ Р 52758-2007 «Погрузчики и транспортеры сельско-

хозяйственного назначения. Методы испытаний». Требования стандарта на межгосударственном уровне едины для всех стран Таможенного союза. При этом удобные для использования нормативные документы отсутствуют. Поэтому в рамках выполнения научно-исследовательских работ проводится разработка нового стандарта на методы испытаний сельскохозяйственных погрузчиков.

Погрузчики являются частью семейства самоходных машин, используемых в сельском хозяйстве для различных задач по загрузке и выгрузке. Основное различие между ними заключается в методах их работы. Они подразделяются на машины периодического действия (вилочные, ковшовые, платформенные, манипуляторы и копновозы) и непрерывного действия (ленточные, скребковые, роторные и шнековые).

Вилочные погрузчики используются в складских помещениях для подъема, перемещения, разгрузки, погрузки и укладки грузов на поддоны и палеты с помощью навесного оборудования (устройства бокового смещения, вилочные захваты, позиционеры, захваты для бочек и рулонов). Ковшовые погрузчики – для погрузки и выгрузки сыпучих материалов, а также уборки снега. Платформенные погрузчики поднимают, перемещают и опускают грузы, которые размещаются на специальных платформах.

Погрузчики-манипуляторы используются для изменения положения грузов в пространстве с помощью рабочего органа в виде крановой стрелы. Погрузчики-копновозы оснащены специальными устройствами для захвата и перемещения уплотненных куч сена или соломы. Ленточные погрузчики применяются для транспортировки сыпучих и штучных грузов. Скребковые, оснащенные нагребными лапами с дисками, подтягивают груз

(сыпучий материал, снег), передают его в заднюю часть машины и сбрасывают в специальную емкость.

Роторные погрузчики используются для погрузочно-разгрузочных работ с сыпучими и мелкоштучными грузами. Шнековые, оборудованные вращающимся валом, начинают погрузку-разгрузку сыпучих материалов после начала движения, забирая грузы непрерывно небольшими порциями.

Погрузчики также классифицируются по способу передвижения (колесные и гусеничные), назначению (для сыпучих материалов и штучных грузов), типу рабочего органа (одно-, многоковшовые и вилочные) и способу разгрузки (боковые и фронтальные). Выбор техники зависит от ее возможностей и задач, стоящих в процессе эксплуатации. В сельском хозяйстве широко используются фронтальные и телескопические погрузчики [2].

Результаты исследований и обсуждение

Анализ данных протоколов испытаний погрузчиков фронтального

типа импортного и отечественного производства [3] на соответствие действующей нормативной документации позволил сделать вывод, что на погрузке зерна, силоса, сенажа, сена, соломы все машины соответствуют технологическим требованиям [4] (табл. 1). В ходе испытаний установлено, что эксплуатационная надежность хорошая и удовлетворительная, управление удобное, безопасность работ обеспечена.

Качество работы рассмотренных машин соответствует требованиям действующих нормативных документов. Рабочие органы – навесные (ковш, вилы, отвал и др.), быстро и просто устанавливаются на трактор. Коэффициент использования грузоподъемности варьировался от 0,44 до 1,4, коэффициент заполнения рабочих органов – 0,5-1,2, потери составили 0-0,3% при норме 0,5%, что соответствует допустимым значениям.

Анализ результатов испытаний самоходных погрузчиков скрепового типа с электрическим приводом отечественного производства по протоколам испытаний МИС приведен

в табл. 2 [3]. Данная группа погрузчиков предназначена для загрузки и разгрузки зерноскладов, механического перелопачивания зерна на площадках токов и складов, формирования буртов зерна и погрузки его в транспортные средства.

Анализ данных протоколов испытаний погрузчиков скреперного типа, проведенных на МИС Минсельхоза России на погрузке зерна в автотранспорт, показал соответствие требованиям технических условий (ТУ) и нормативной документации (НД) по показателям назначения, надежности и безопасности [4-6]. Машины удобны в управлении, качество их работы соответствует требованиям действующих нормативных документов, эксплуатационная надежность хорошая.

Основными узлами скреповых погрузчиков являются: два скреповых питателя, загрузочный транспортер, пневматические колеса с механизмом регулирования положения питателей, механизм передвижения, триммер с носком, два шита управления, механизм подъема питателей, выгрузная труба и электропривод

Таблица 1. Показатели качества работы погрузчиков фронтального типа

Показатели	ПФ-320	ПФУ	Т-460/1	FRONT-LIFT M-1600. EURO	FRONT-LIFT-800	FZ 30.1 ProfilHe	Classic Lihe CL 855 P
Страна-изготовитель	Россия		Польша	Россия		Германия	
Место проведения испытания	Алтайская МИС			Кировская МИС	Северо-Западная МИС		
Качество работы							
Коэффициент:							
использования грузоподъемности	0,90	0,44	0,6	0,51	1,4	1	0,99
заполнения рабочих органов	0,82	0,96	1	0,5	1	1,04	1,2
Потери, %	0,1	0,3	0,3	0,2	0	0,09	0,06
Условия эксплуатации							
Тяговый класс трактора	0,6	1,4	0,9	1,4		1,2	
Перевод в рабочее и транспортное положение	Гидросистемой трактора						
Трудоемкость ежесменного ТО, чел.-ч	0,06	0,08	0,03	0,33	0,06	0,07	0,33
Эксплуатационная надежность	Хорошая				Удовлетворительная		
Техническая характеристика							
Вместимость ковша, м ³	0,3	0,85	0,8				
Высота погрузки, м	2,7	3,15	3	3,8	4	4,1	4,07
Ширина захвата ковша, м	1,46	2,02	1,96	2,2	1,94	1,25	1,17
Рабочая скорость движения, км/ч	До 6		3,6	5,7	4	5	2
Продолжительность погрузочного цикла, мин	0,23	0,39	0,52	0,45	0,43	0,40	0,45
Габаритные размеры агрегата (рабочие), мм:							
длина	4910	6500	6000	6080	5240	3883	2620
ширина	1460	2020	1960	2200	1940	1250	1170
высота	2100	2800	4450	4800	5035	1930	1820
Результаты испытаний							
Производительность в час сменного времени, т	13,43	25,75	10,99	27,1	49,87	32,2	24,33

Таблица 2. Показатели качества работы погрузчиков скребкового типа

Показатели	ПЗС-100	ПЗС-150	ПЗС-120	ПЗЭС-200	ЗС-90
Место проведения испытаний	Центрально-Черноземная МИС				Сибирская МИС
Качество работы					
Сорт озимой пшеницы	Алексеевич	Гром	Льговская	Альмера	Таня
Подача, т/ч	102,61	151,6	120,21	206,45	87,32
Высота подъема зерна при погрузке в транспорт, м	4,2	4,2	7,3	6,2	4,5
Полнота подбора зерна, %	99,81	99,79	99,80	99,87	99,84
Дробление зерна, %	0,09	0,08	0,07	0,12	0,17
Условия эксплуатации					
Трудоемкость ежедневного ТО, чел.-ч	0,13			0,16	0,167
Техническая характеристика					
Конструкционная ширина захвата питателей, мм	4710	5285	5600	5600	4100
Рабочая скорость движения, м/ч	10-150	17,9-140,5	10,1-24,5	50-100	20-50
Дорожный просвет, мм	180	180	80	150	110
Ширина колеи, мм	1340	1450	1432	1720	1650
Угол поворота триммера	0-300°		0-270°	0-230°	0-270°
Габаритные размеры агрегата (рабочие), мм:					
длина	6200	6040	6440	6410	6150
ширина	4720	5285	4730	5630	4100
высота	4800	3900	3690	3520	3950
Конструкционная масса, кг	785	910	850	1240	1070
Результаты испытаний					
Производительность в час сменного времени, т	90,3	117,25	109,39	192,0	73,87

рабочих органов. Погрузчики зерна отличаются высокой эффективностью, оборудованы мощными двигателями и продвинутыми системами управления, что позволяет справляться с большими объемами работы за короткое время.

Габаритные размеры буртов зерна и выровненность площадок не препятствуют качественному выполнению технологического процесса погрузки. Производительность в час сменного времени варьировалась от 73,87 до 192 т. Дробление зерна по требованиям НД – не более 3%, при испытаниях – 0,07-0,17%. Потери в результате выполнения технологического процесса минимальны (0,13-0,21%) и соответствуют норме – не более 0,5%.

В будущем можно ожидать несколько ключевых направлений развития и использования погрузчиков в сельскохозяйственном производстве. Прежде всего, автоматизация и роботизация. Системы автономного управления позволят погрузчикам работать без постоянного вмешательства человека. Возможно использование искусственного интеллекта для оптимизации маршрутов, распределения грузов и предотвращения столкновений.

Погрузчики необходимо проектировать с возможностью быстрой замены рабочих органов, универсальность сделает их пригодными для решения различных задач, выполнения множества функций, начиная от погрузки

зерна и заканчивая уборкой урожая. В ответ на глобальные экологические проблемы погрузчики будут оснащаться более эффективными двигателями, включая электрические и гибридные системы. Это снизит выбросы и потребление топлива, делая процессы в сельском хозяйстве более энергоэффективными и экологичными. Интеграция с системами мониторинга и управления позволит более точно контролировать и планировать процессы с использованием GPS и других сенсорных информационных технологий для отслеживания местоположения, состояния груза и профиля работы погрузчиков.

Изменение дизайна и обеспечение безопасности погрузчиков с учетом защиты операторов и окружающей среды могут включать в себя улучшенные системы обзора, автоматические системы остановки и другие функции, направленные на снижение рисков. Кроме того, с введением новых технологий в погрузчики важно обеспечить обучение и поддержку операторов (программы обучения, инструкции по техническому обслуживанию, поддержка на местах).

В целом погрузчики в сельском хозяйстве будут продолжать развиваться, становясь более автоматизированными, энергоэффективными и универсальными. Это обеспечит более эффективное использование ресурсов и повышение производительности в сельскохозяйственном производстве.

Выводы

1. Анализ данных протоколов испытаний погрузчиков фронтального типа на соответствие действующей нормативной документации позволил сделать вывод, что все машины соответствуют технологическим требованиям на операции погрузки зерна, силоса, сенажа, сена. Эксплуатационная надежность хорошая и удовлетворительная, управление удобное, безопасность работ обеспечена.

2. Испытания самоходных погрузчиков скребкового типа с электрическим приводом и скреперного типа,

проведенные на МИС Минсельхоза России на погрузке зерна в автотранспорт, показали соответствие ТУ и НД по показателям назначения, надежности и безопасности.

3. Перспективные направления развития технологий погрузки связаны с автоматизацией и роботизацией процессов, повышением гибкости и универсальности, энергоэффективности и экологичности погрузчиков, интеграцией с информационными системами.

Список

использованные источники

1. **Кокорева Е.Б.** Повышение эффективности использования сельскохозяйственной техники // Бюл. науки и практики. 2018. Т. 4. № 2. С. 320-325.
2. **Буклагин Д.С., Мишуров Н.П., Федоренко В.Ф., Соловьев С.А., Бала-**

банов В.И. Цифровые технологии и системы управления сельскохозяйственным производством: аналит. обзор. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. 88 с.

3. Результаты испытаний сельскохозяйственной техники на МИС [Электронный ресурс]. URL: <http://sistemamamis.ru/protocols/> (дата обращения 13.03.2024).

4. Исходные требования на базовые машинные технологические операции в растениеводстве / В.П. Елизаров, Н.М. Антышев, В.М. Бейлис [и др.]. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. 270 с.

5. Система критериев качества, надежности, экономической эффективности сельскохозяйственной техники: инструктивно-метод. издание / А.Т. Табашников, В.Ф. Федоренко, Д.С. Буклагин [и др.]. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. 188 с.

6. Технические и технологические требования к перспективной сельскохозяйственной технике: науч. изд. / В.Ф. Федоренко,

Д.С. Буклагин, М.Н. Ерохин [и др.]. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. 248 с.

Use of Loaders in Agriculture

E.V. Bondarenko, E.E. Podolskaya, A.B. Ivanov

(Novokubansk branch of the FGBNU "Rosinformagrotech" [KubNIITiM])

M.V. Dulyasova

(FGBNU "Rosinformagrotech")

Summary. The article deals with the classification and types of loaders, their use in agriculture, advantages, application features and development and operation prospects. The quality indicators of the technological process during testing loaders at the machine testing stations (MTS) of the Ministry of Agriculture of Russia in accordance with the current regulatory documentation are analyzed.

Key words: loader, testing, quality indicators, technological material.

Информация

Премьера Агросалона – гибридный трактор Liu Gong LT3504

9 октября на специализированной выставке Агросалон компания ТЕХНОДОМ представила гибридный трактор Liu Gong LT3504.



Компания LiuGong имеет одну из самых ёмких продуктовых линеек и предлагает своим клиентам широкий спектр спецтехники для различных отраслей. Продуктовая линейка включает в себя такие направления, как промышленная, дорожная, строительная и складская техника.

Новое направление для развития – сельскохозяйственная техника.

Сельскохозяйственный трактор LiuGong LT3504 – абсолютно новый трактор, настоящий герой будущего в сельском хозяйстве, он сочетает в

себе инновации XXI века, мощность и эффективность.

Liu Gong LT3504 – пионер в области сельскохозяйственного тракторостроения на электротяге. Одно из преимуществ – бесступенчатая регулировка скорости.

Гибридная технология для высокой производительности

Основная сфера применения трактора LiuGong LT3504 – выполнение энергоемких сельскохозяйственных работ в тяговом и тягово-приводном режимах в составе широкозахватных и комбинированных агрегатов.

Одной из особенностей этого трактора является его гибридная силовая установка. LiuGong LT3504 работает по схеме последовательного гибрида, что делает его уникальным в своем роде. Двигатель Yuchai мощностью 350 л.с. раскручивает генератор высокого напряжения, заряжая буферную аккумуляторную батарею, питание от которой получают два

электромотора. Один электромотор отвечает за ходовую часть трактора, его максимальная мощность составляет порядка 400 л.с., а второй – обеспечивает работу ВОМ, его максимальная мощность около 340 л.с.

Так как электромоторы подключены параллельно, при подключении навесного оборудования, работающего от вала отбора мощности, ходовые характеристики трактора не ухудшаются.

Задняя трехточечная гидронавесная система LiuGong LT3504 относится к четвертому классу и имеет грузоподъемность 9600 кг. Это означает, что трактор обладает высокой производительностью и способен эффективно выполнять самые сложные задачи в сельском хозяйстве.

В настоящее время проходят эксплуатационные испытания трактора. Данные и отзывы, полученные в ходе полевых испытаний, ложатся в основу дальнейшей работы по постоянному совершенствованию и обновлению сельхозмашин, повышению их эксплуатационных характеристик.

УДК 631.356.2.06

DOI: 10.33267/2072-9642-2024-10-19-22

Методы математического моделирования при обосновании основных конструктивных параметров зерноуборочных комбайнов

Ю.А. Царев,

д-р техн. наук, проф.,
yscarev@donstu.ru
(ФГБОУ ВО «Донской ГТУ»);

О.Ю. Царев,

консультант по ИТ,
myauchka-pyt@yandex.ru
(АО «Деловые решения и технологии»);

М.Е. Чаплыгин,

канд. техн. наук, вед. науч. сотр.,
misha2728@yandex.ru
(ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

Е.Ю. Адамчукова,

аспирант,
Adamchuckova@yandex.ru
(ФГБОУ ВО «Донской ГТУ»)

Аннотация. Представлено решение одной из многих задач по совершенствованию конструктивных параметров зерноуборочных комбайнов, когда путем селекции из большого количества статистического материала выбираются необходимые сведения для решения конкретной задачи. Современные информационные технологии позволяют строить математические модели, связывающие показатели эффективности зерноуборочных комбайнов с их конструктивными параметрами, отбрасывая при этом менее значимые факторы (параметры), что существенно упрощает понимание и работу с математическими моделями.

Ключевые слова: комбайны, показатели эффективности, конструктивные параметры, методы математического моделирования.

Постановка проблемы

Современные информационные технологии способствуют накоплению первичной статистической информации для получения новых данных об объектах, в данном случае – о значимости влияния конструктивных параметров зерноуборочных комбайнов на эффективность их работы, а использование аналитического моделирования или численных методов¹, изучающих приближенные способы решения математических задач, позволяет обосновывать основные конструктивные параметры комбайнов для их модернизации и совершенства.

¹ Численные методы оптимизации [numerical optimization technique] – методы приближенного или точного решения математических задач оптимизации, сводящиеся к выполнению конечного числа элементарных операций над числами. economic_mathematics.academic.ru

Вопросами расчета и обоснования основных конструктивных параметров зерноуборочных комбайнов посвящено большое количество работ [1-6], содержащих сложнейшие изыскания и исследования в этой области, но современные методы математического моделирования позволяют сравнительно легко и просто, но с некоторой погрешностью решать отдельные поставленные задачи.

Статистический материал по результатам испытаний зерноуборочных комбайнов, который имеется в НИО и МИС, формируется из протоколов и отчетов испытаний, журналов обследований КБ заводов-изготовителей, кодируется, систематизируется и содержится в табличном виде в базах данных этих организаций. Однако следует отметить, что официальные данные протоколов и отчетов испытаний зерноуборочных комбайнов в настоящее время содержат в основном общие выводы, поэтому в исследовании использовались отдельные фрагменты этих данных, собранных в условиях Южного федерального округа (ЮФО) на МИС и в дилерских организациях, а также из открытых источников [7, 8].

Цель исследования – разработка методики модернизации отечественных сложных сельскохозяйственных машин на примере самоходных зерноуборочных комбайнов с использованием информационных технологий и математического моделирования основных конструктивных параметров.

Материалы и методы исследования

При обосновании основных конструктивных параметров зерноуборочных комбайнов использовали статистические материалы, результаты испытаний комбайнов, имеющиеся в научно-исследовательских организациях (НИО), машиноиспытательных станциях (МИС), конструкторских организациях заводов-изготовителей (КБ) и у дилеров.

Информационное поле сформировано из статистических результатов испытаний самоходных зерноуборочных комбайнов в зоне Южного федерального округа. Условия агрофона при проведении испытаний: урожайность – 32-58 ц/га, полеглость – 0,5-11%, влажность зерна – 9,8-17,7%, соломы – 12,2-40%, соотношение зерна к соломе – 0,67-1,5.

Используя метод селекции, выделим из информационного поля четыре модели комбайнов, близкие по своим конструктивным параметрам, и рассмотрим влияние агрофона на показатели эффективности их работы:

W – производительность, т/ч; q_k – потери зерна за комбайном, %; q_m – потери зерна за молотилкой, %; $D_{др}$ – дробление зерна, %; P_c – сорная примесь в бункере, %. В качестве конструктивных параметров самоходных зерноуборочных комбайнов использовали: L_6 – длина молотильного барабана, мм; $F_{пб}$ – площадь подбарабана, м²; F_p – площадь решет очистки, м²; V – вместимость бункера, м³; N – мощность двигателя, кВт; M – масса комбайна, кг; F_c – площадь сепарации, м²; D – диаметр молотильного барабана, мм; L_c – длина клавиш соломотряса, м; θ – угол охвата подбарабана, град. (табл. 1).

Большинство прикладных задач, результат которых представляет собой числовую информацию, решали различными методами математического моделирования с помощью компьютера [9].

Построим, используя объединенные табличные данные (см. табл. 1) испытаний четырех зерноуборочных комбайнов, многокритериальную линейную математическую модель по статистическим данным, связывающим показатели эффективности с конструктивными параметрами:

$$\left. \begin{aligned} W &= 7,83 F_{пб} + 3,18 F_p + 0,18 N - 6,26 F_c \\ q_k &= 3,32 F_{пб} - 0,12 F_p - 0,03 N + 0,45 F_c \\ q_m &= 2,51 F_{пб} + 0,21 F_p - 0,01 N - 0,14 F_c \\ q_d &= 0,46 F_{пб} + 0,59 F_p - 0,04 N + 0,68 F_c \\ q_c &= -5,50 F_{пб} - 0,35 F_p + 0,13 N - 1,55 F_c \end{aligned} \right\} \text{ при } S^2 \geq 0,98 \quad (1)$$

Остальные конструктивные параметры не вошли как малозначимые, что полностью сочетается с работами Э.В. Жалнина [3].

Многокритериальные модели не имеют точных решений, поэтому перейдем к решению однокритериальной задачи оптимизации. Решим задачу линейного программирования (1), где целевая функция (критерий оптимизации) – производительность (2), в ограничениях – остальные показатели эффективности (3), а параметры оптимизации – конструктивные параметры:

найти: $F_{пб}^*$, F_p^* , N^* , F_c^*

при max

$$W = 7,83 F_{пб} + 3,18 F_p + 0,18 N - 6,26 F_c \quad (2)$$

и ограничениях:

$$\left. \begin{aligned} q_k &= 3,32 F_{пб} - 0,12 F_p - 0,03 N + 0,45 F_c \leq 3 \\ q_m &= 2,51 F_{пб} + 0,21 F_p - 0,01 N - 0,14 F_c \leq 1,5 \\ q_d &= 0,46 F_{пб} + 0,59 F_p - 0,04 N + 0,68 F_c \leq 2 \\ q_c &= -5,50 F_{пб} - 0,35 F_p + 0,13 N - 1,55 F_c \leq 2 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Полученные результаты сведем в симплекс-таблицу (табл. 2) и решим задачу оптимизации конструктивных параметров зерноуборочных комбайнов в условиях агрофона по Южному федеральному округу, где X_1 – вектор коэффициентов целевой функции (2); X_2 – вектор ограничений на конструктивные параметры и показатели эффек-

Таблица 1. Выборка из статистических данных по результатам испытаний на прямом комбайнировании зерноуборочных комбайнов

№ опыта	W , т/ч	q_k , %	q_m , %	$D_{др}$, %	P_c , %	L_6 , мм	$F_{пб}$, м ²	F_p , м ²	V , м ³	N , кВт	M , кг	F_c , м ²	D , мм	L_c , м	θ , град.
<i>Нива-Эффект</i>															
1	8,78	1,71	1,07	0,5	2,5	1200	0,82	2,13	3	88	7800	4,24	600	3,62	146
2	7,34	1,99	0,9	0,5	1,1	1200	0,82	2,13	3	88	7800	4,24	600	3,62	146
3	6,62	1,92	1,76	1,2	0,9	1200	0,82	2,13	3	88	7800	4,24	600	3,62	146
4	4,46	1,43	0,82	0,5	0,8	1200	0,82	2,13	3	88	7800	4,24	600	3,62	146
5	6,48	1,33	0,76	1,1	0,4	1200	0,82	2,13	3	88	7800	4,24	600	3,62	146
Средн.	6,74	1,68	1,06	0,76	1,14	1200	0,82	2,13	3	88	7800	4,24	600	3,62	146
<i>Вектор 410</i>															
1	12,3	1,87	1,45	1,55	1,21	1200	1,1	3,59	6	154	11500	5	800	4,1	130
2	10,1	1,90	1,47	1,50	0,6	1200	1,1	3,59	6	154	11500	5	800	4,1	130
3	9,8	1,92	1,46	1	0,8	1200	1,1	3,59	6	154	11500	5	800	4,1	130
4	10,1	1,93	1,47	1,7	1	1200	1,1	3,59	6	154	11500	5	800	4,1	130
5	10,6	1,89	1,44	1,38	0,5	1200	1,1	3,59	6	154	11500	5	800	4,1	130
Средн.	10,6	1,90	1,46	1,43	0,82	1200	1,1	3,59	6	154	11500	5	800	4,1	130
<i>Акрос 530</i>															
1	15,1	1,80	1,30	1,3	3,3	1500	1,38	4	9	183	13700	5,2	800	4,1	130
2	16,8	1,08	1,02	1,3	3,7	1500	1,38	4	9	183	13700	5,2	800	4,1	130
3	17,0	1,64	1,56	1,2	2,8	1500	1,38	4	9	183	13700	5,2	800	4,1	130
4	17,4	1,6	1,53	1,3	3,4	1500	1,38	4	9	183	13700	5,2	800	4,1	130
5	20,6	3,29	3,26	1,4	1,9	1500	1,38	4	9	183	13700	5,2	800	4,1	130
Средн.	17,4	1,88	1,73	1,30	3,02	1500	1,38	4	9	183	13700	5,2	800	4,1	130
<i>John Deere 985</i>															
1	10,4	1,03	0,53	0,3	0,8	1600	0,91	4,39	4,2	125	9100	5,74	610	3,65	106
2	9,5	1,03	0,53	0,5	1,1	1600	0,91	4,39	4,2	125	9100	5,74	610	3,65	106
3	8,35	1,65	1,45	3,7	1,5	1600	0,91	4,39	4,2	125	9100	5,74	610	3,65	106
4	6,05	1,12	0,88	2,2	1,8	1600	0,91	4,39	4,2	125	9100	5,74	610	3,65	106
5	7,2	1,64	1,41	3,5	1,7	1600	0,91	4,39	4,2	125	9100	5,74	610	3,65	106
Средн.	8,30	1,29	0,96	2,04	1,38	1600	0,91	4,39	4,2	125	9100	5,74	610	3,65	106

тивности (табл. 3, 4); X_3 – матрица коэффициентов математической модели (3); X_4 – вектор знаков ограничений на конструктивные параметры и показатели эффективности.

Ограничения на показатели эффективности: $q_k \leq 3$, $q_m \leq 1,5$, $q_d \leq 2$, $q_c \leq 2$.

Таблица 2. Симплекс-таблица решения задачи оптимизации

X_1	X_2	X_3				X_4
7,83	0,82	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1
3,18	1,38	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-1
0,18	2,13	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	1
-6,26	4,40	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	-1
	88	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	1
	183	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	-1
	4,24	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	1
	5,47	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	-1
	3,0	3,32	-0,12	-0,03	0,45	-1
	1,5	2,51	0,21	-0,01	-0,14	-1
	2,0	0,46	0,59	-0,04	0,68	-1
	2,0	-5,50	-0,35	0,13	-1,55	-1

Таблица 3. Ограничения на конструктивные параметры

Модель/ Параметр	$F_{пб}$, м ²	F_p , м ²	N, кВт	F_c , м ²
Нива-Эффект	0,82	2,13	88	4,24
Вектор 410	1,10	3,59	154	5,00
Акрос 530	1,38	4,00	183	5,20
John Deere 985	0,91	4,40	125	5,47
Ограничения	0,82-1,38	2,13-4,40	88-183	4,24-5,47

Результаты исследований и обсуждение

Результаты решения задачи оптимизации конструктивных параметров зерноуборочных комбайнов на прямом комбайнировании пшеницы в ЮФО симплекс-методом приведены в табл. 4.

Результаты решения задачи оптимизации основных конструктивных параметров зерноуборочных комбайнов симплекс-методом, которые основаны на статистическом материале результатов испытаний из протоколов и отчетов по ЮФО, позволяют рассчитать направления модернизации зерноуборочных комбайнов, способных повышать производительность на уборке зерновых культур до 15,86 т/ч.

Методами математического моделирования можно в широком диапазоне исследовать (прогнозировать) направления модернизации или оптимизации основных конструктивных параметров, например, путем изменения граничных условий (см. табл. 2, X_2) или выбора (селекции) различных конструктивных параметров зерноуборочных комбайнов. Метод подходит для любых других сложных сельскохозяйственных машин.

Таблица 4. Результаты решения задачи оптимизации конструктивных параметров зерноуборочных комбайнов симплекс-методом

Final solution reached after 11 pivots. Maximum value of objective function $W = 15,86$ т/ч	
variable	value
$F_{пб}$	0,93 м ²
F_p	4,4 м ²
N	117,3 кВт
F_c	4,24 м ²
slack	value
S 2	0,4468
S 4	0,0000
S 6	65,735
S 8	1,500
S 9	2,0398
S 10	0,000
S 11	0,782
S 12	0,000
surplus	value
S 1	0,113
S 3	2,270
S 5	29,26
S 7	0,000
constraint	shadow price
S 1	0,000
S 2	0,000
S 3	0,000
S 4	2,309 и т.д.

Выводы

1. Результаты решения задачи оптимизации основных конструктивных параметров зерноуборочных комбайнов симплекс-методом показали, что производительность на уборке зерновых культур можно повысить до 15,86 т/ч. Оптимальными основными конструктивными параметрами становятся площади подбарабана (0,92 м²), решетки очистки (4,4 м²) и сепарации (4,24 м²), мощность двигателя (117 кВт).

2. Рассмотренные методы математического моделирования при обосновании основных конструктивных параметров зерноуборочных комбайнов, основанные на современных информационных технологиях с использованием большого количества статистического материала по результатам испытаний сложных сельскохозяйственных машин, позволяют научно-исследовательским организациям, конструкторским бюро заводов-изготовителей рассчитывать оптимальные конструктивные параметры и модернизировать не только зерноуборочные комбайны, но и сложные сельскохозяйственные машины с учетом различных зональных условий.

Список использованных источников

1. **Баев В.В.** Обоснование параметров молотилки зерноуборочного комбайна методом имитационного моделирования : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Краснодар, 1986.
2. **Коваль С.Н.** Совершенствование методов оценки агротехнологической эффективности и конструктивных параметров зерноуборочных комбайнов при испытаниях : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Глеваха: УНИИМЭСХ, 1991. 20 с.
3. **Жалнин Э.В.** Расчет основных параметров зерноуборочных комбайнов. М.: ВИМ, 2001. 90 с.
4. **Жалнин Э.В.** Совершенствование конструкции зерноуборочных комбайнов путем гармонизации их базовых технических параметров / Э.В. Жалнин, М.Е. Чаплыгин // Инженерные технологии и системы. 2023. Т. 33, № 3. С. 403-416. DOI 10.15507/2658-4123.033.202303.403-416.
5. **Липская В.К.** Методические рекомендации по выбору прямых аналогов сельскохозяйственных машин на примере зерноуборочных комбайнов // Проблемы экономики: сб. науч. тр. Горки, 2021. № 1 (32). С. 95-109.
6. **Царев Ю.А.** Статистическая оптимизация основных конструкционных параметров зерноуборочных комбайнов с учетом зональных условий : дис. ... д-р техн. наук, Ч. 2. Ростов-на-Дону, 2000. 145 с.
7. Протокол испытаний № 08-54-2018 (2060022) Поволжская МИС. Комбайн зерноуборочный самоходный КЗС-1218А.
8. Протокол испытаний № 07-21-2017 (2060152) Кубанская МИС. Комбайн зерноуборочный самоходный Tuscano 580.
9. STATISTICAL GRAPHICS SYSTEM by STATISTICAL GRAPHICS CORPORATION. User's guide (пакет прикладных программ STATGRAPHICS (SG), версии 2.6, номер 1157855, 1989).

Methods of Mathematical Modeling to Obtain the Main Design Parameters of Grain Harvester Threshers

Yu.A. Tsarev

(Don State Technical University)

O.Yu. Tsarev

(JSC Business Solutions and Technologies)

M.E. Chaplygin

(FGBNU FNATS VIM)

E.Yu. Adamchukova

(Don State Technical University)

Summary. The solution of one of many problems on improvement of design parameters of grain harvesting combines is presented, when from a large amount of statistical material the necessary information is selected for the solution of the specific problem. Modern information technologies allow to build mathematical models connecting grain harvester thresher efficiency indicators with their design parameters discarding less significant factors (parameters) which significantly simplifies understanding and work with mathematical models.

Key words: harvester threshers, performance indicators, design parameters, mathematical modeling methods.

ФОРУМ И ВЫСТАВКА по глубокой переработке зерна и промышленной биотехнологии

Грэйнтек
Форум и экспо по глубокой переработке зерна и биотехнологии

+7 (495) 585-5167 | info@rusbio.org | www.graintek.org

**Форум и выставка - уникальное специализированное событие отрасли в России и СНГ
19-20 ноября 2024 года в отеле Лесная Сафмар, Москва**

В фокусе Форума – практические аспекты глубокой переработки зерна и сахарной свеклы как для производства продуктов питания и кормов, так и биотехнологических продуктов с высокой добавленной стоимостью. Будет обсуждаться производство нативных и модифицированных крахмалов, сиропов, органических кислот, аминокислот (лизин, треонин, триптофан, валин), сахарозаменителей (сорбит, ксилит, маннит) и других химических веществ.

21 ноября 2024 года пройдет семинар «Грэйнтэксперт», посвященный практическим вопросам запуска и эксплуатации завода глубокой переработки зерна. Семинар проводится для технических специалистов, которые отвечают за производственный процесс и высокое качество конечной продукции.

Возможности для рекламы

Форум и выставка «Грэйнтек» привлечет в качестве участников владельцев и топ-менеджеров компаний, что обеспечит вам, как партнеру, уникальные возможности для встречи с новыми клиентами. Большой выставочный зал будет удобным местом для размещения стенда вашей компании. Выбор одного из партнерских пакетов позволит Вам заявить о своей компании, продукции и услугах, и стать лидером быстрорастущего рынка глубокой переработки зерна и промышленной биотехнологии.

Партнеры Форума прошлых лет



УДК 62-523.8:665.117.2

DOI: 10.33267/2072-9642-2024-10-23-25

Система управления технологическим процессом измельчения жмыха подсолнечного

И.Е. Припоров,

канд. техн. наук,
доцент ВАК,
доцент кафедры,
i.priporov@yandex.ru

Р.Е. Иванайский,

студент,
Ivanaiskii.ruslan@mail.ru
(ФГБОУ ВО «Кубанский ГАУ»)

Аннотация. Представлены результаты проектирования структуры системы автоматизации процесса измельчения жмыха подсолнечного с использованием модернизированного измельчителя с помощью диаграмм потоков данных. Диаграмма позволяет управлять процессом с помощью мультимедийного устройства, расширить функциональные возможности его применения в разработанной системе, снизить энергоемкость процесса и повысить качество продукта.

Ключевые слова: усовершенствованный измельчитель, жмых подсолнечный, диаграмма потока данных, система управления, энергоемкость.

Постановка проблемы

В современных условиях на первое место выходит продовольственная безопасность страны, которая зависит от состояния отраслей животноводства и растениеводства. Продуктивный потенциал сельскохозяйственных животных определяется их рационом [1-4], главный компонент которого – концентрированные корма [1, 5].

В технологии приготовления кормов распространенным процессом является измельчение, которое обусловлено требованиями физиологии животных. В результате этого образуется большое количество частиц с высокоразвитой поверхностью для ускорения процессов пищеварения и повышения усвояемости питательных веществ [6].

В инженерном отношении измельчение кормов – энергоемкая и дорогостоящая операция, при которой расходуется до 50% электроэнергии. При этом большая ее часть переходит в тепло и другие виды энергии.

В целом актуальной остается проблема повышения качества измельчения. Ее решение позволит минимизировать переизмельчение кормов и повысить их усвояемость, что особенно важно при использовании концентрированных кормов [6, 7].

Снижение энергопотребления измельчающими устройствами и повышение качества готового продукта достигаются использованием эффективных способов измельчения и совершенствованием рабочих органов. Поэтому разработка новых измельчителей, позволяющих минимизировать затраты на измельчение и повышающих качество готового продукта, является актуальной задачей [8].

Цель исследования – проектирование структуры системы для автоматизации процесса измельчения жмыха подсолнечного на усовершенствованных измельчающих устройствах путем применения DFD-диаграмм.

Материалы и методы исследования

Диаграммы потоков данных (Data Flow Diagrams), или DFD-диаграмма – методология графического структурного анализа, которая позволяет описывать внешние по отношению к системе источники и адресаты данных, логические функции, потоки данных и их хранилища для осуществления доступа. Модель производственных процессов в формате DFD получается при создании по процессному признаку [9].

Отличие DFD от описания потоков информации между подразделени-

ями заключается в наличии в ней информации о реально происходящих производственных процессах на уровнях подразделения и организации. Также на них отображаются хранилища данных, под которыми может быть любой носитель информации (база данных и др.) [9].

Главная цель построения модели в виде иерархического множества DFD-диаграмм – сделать требования ясными и понятными на каждом уровне детализации, а также разбить их на части с определенными отношениями между ними. Для достижения этого необходимо соблюдение следующих условий [10]:

1. Размещать на диаграмме от 3 до 6-7 процессов. Верхняя граница соответствует человеческим возможностям восприятия и понимания структуры сложной системы с множеством внутренних связей, нижняя – по соображениям здравого смысла: отсутствует детализация процесса диаграммой, которая содержит один или два процесса.

2. Не загромождать на данном уровне детализации сущностями.

3. Декомпозицию потоков данных осуществлять одновременно с декомпозицией процессов.

4. Выбирать ясные, отражающие суть дела имена процессов и потоков для улучшения восприятия диаграммы без использования аббревиатур.

5. Однократно определять функционально идентичные процессы на верхнем уровне иерархии, на который необходимо ссылаться на нижних уровнях.

6. Использование простейшей диаграммной техники; если возможно описать с помощью DFD-диаграмм, то необходимо делать, а не использовать для описания сложные объекты.

7. Отделять управляющие структуры от обрабатывающих (т.е. процессов).

Декомпозиция DFD-диаграммы на основе процессов: каждый процесс раскрывается с помощью нижнего уровня. DFD-диаграмма первого уровня строится как декомпозиция процесса на контекстной диаграмме и имеет множество процессов, которые могут быть декомпозированы. Таким образом, строится иерархия с контекстной диаграммой в корне дерева. Данный процесс продолжается до эффективного описания короткими (до одной страницы) спецификациями процессов.

При таком построении иерархии каждый процесс более низкого уровня необходимо соотнести с процессом верхнего уровня. Для этой цели используются структурированные номера процессов [10].

Результаты исследований и обсуждение

В модернизированном измельчителе CM-2500G (рис. 1а) рабочий орган заменен на режущие ножи в виде криволинейного треугольника – Арбелоса Архимеда с пилообразными зубьями по периметру всей поверхности режущей кромки (патент РФ № 2648392).

На основе иерархии DFD-диаграмм проведем системный анализ процесса измельчения жмыха подсолнечного на усовершенствованном измельчителе (рис. 2).

Система управления процессом измельчения на модернизированном измельчителе 1 типа CM-2500G (см. рис. 2) состоит из сканера 2, персонального компьютера 3 с программным обеспечением Matlab.

Полученный рассыпной жмых сканировали, а полученное изображение направляли на определение его соответствия зоотехническим требованиям. Если качество жмыха после измельчения не соответствует зоотехническим требованиям, то он дополнительно измельчается.

Иерархия DFD-диаграмм описывает систему управления измельчителем (рис. 3-4). Диаграммы построены с учетом того, что модернизированный измельчитель используется для получения жмыха в разном виде (рассыпью или в гранулах) согласно зоотехническим требованиям [10].

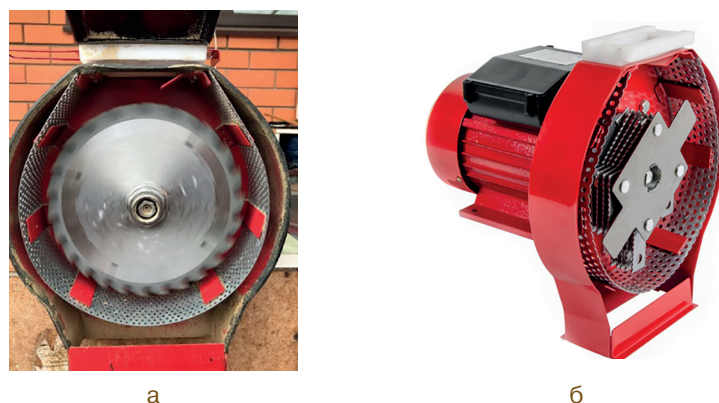


Рис. 1. Общий вид измельчителя типа CM2500-G:

а – переоборудованный (режущий нож криволинейного треугольника – Арбелоса Архимеда); б – заводской рабочий орган – молотки



Рис. 2. Общий вид системы управления процессом измельчения жмыха подсолнечного на модернизированном измельчителе типа CM-2500G

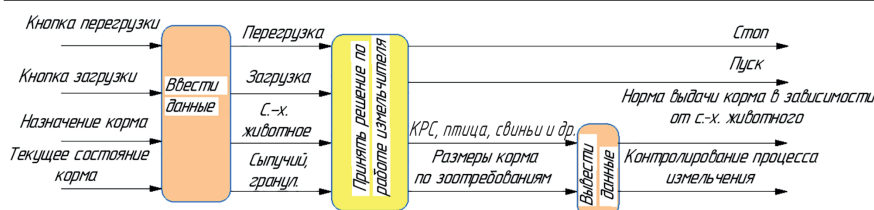


Рис. 3. DFD-диаграмма ECS первого уровня

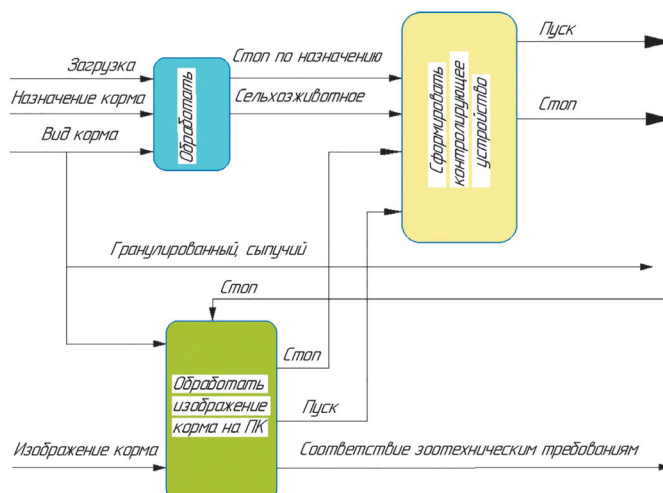


Рис. 4. DFD-диаграмма второго уровня (процесс принятия решения)

Для составления таблицы необходимы входные потоки процесса управления измельчителем: Z – загрузка материала, P_m – перегрузка материала, C_k – стоп по виду корма, C_c – стоп при приготовлении по назначению, C_p – стоп при приготовлении россыпью, $C_{сж}$ – стоп по приготовлению жмыха для сельскохозяйственных животных, $I_{ж}$ – изображение жмыха, O_i – обработка полученного изображения жмыха [10, 11].

Решение процесса управления измельчителем

Условия	Россыпью				Гранулы			
Z	1	0	1	1	0	0	0	1
P_m	1	0	0	0	0	0	1	0
$I_{ж}$	1	1	1	1	1	0	0	1
O_i	1	0	1	1	0	0	1	1
Действия								
C_k	0	1	0	1	0	0	0	0
C_c	0	0	0	0	1	1	0	1
C_p	0	1	1	1	0	0	0	0
$C_{сж}$	0	0	1	1	1	1	1	1

Данные таблицы представляют логику работы системы управления процессом измельчения жмыха подсолнечного на модернизированном измельчителе типа CM-2500G. Если система настроена на получение жмыха россыпью или в гранулах, то измельчитель будет выполнять это назначение. Получение жмыха одновременно в двух вариантах не представляется возможным (см. рис. 3-4). При отсутствии назначений осуществляется сканирование полученного материала россыпью или в гранулах и обработка изображения в программе MathCAD (см. рис. 4).

Вариантом ТР является дерево решений (ДР) при малом числе действий для условного выбора схемы при условии, что не все комбинации условий возможны, большом числе действий и их комбинаций [10].

Выводы

1. Проектирование структуры системы с помощью диаграмм потоков данных выполнено для раз-

работанной системы автоматизации процесса измельчения жмыха подсолнечного с использованием модернизированного измельчителя. Диаграмма потока данных позволяет управлять процессом с помощью мультимедийного устройства, а также расширить функциональные возможности применения модернизированного измельчителя в разработанной системе, добиться снижения энергоемкости процесса и повышения качества продукта.

2. Применение системного анализа позволит минимизировать затраты на приготовление разных видов концентрированных кормов для получения в гранулированном виде и россыпью согласно зоотехническим требованиям для каждой группы сельскохозяйственного животного и птицы, особенно жмыха, а также разработать рациональную схему менее энергоемкого измельчителя или получения жмыха другого типа.

Список

использованных источников

1. **Алешкин А.В.** и др. Обоснование конструкционных и технологических параметров рабочего органа фрезерного измельчителя зерна // Инженерные технологии и системы. 2023. Т. 33, № 1. С. 37-51. doi: <https://doi.org/10.15507/2658-4123.033.202301.037-051>.
2. **Nikkhah A.** Barley grain for ruminants: a Global treasure or tragedy // Journal of Animal Science and Biotechnology. 2012. Vol. 3, Issue 1. doi: <https://doi.org/10.1186/2049-1891-3-22>.
3. **Nikkhah A.** Optimizing barley grain use by dairy cows: A betterment of current perceptions // Progress in Food Science and Technology. 2011. Vol. 1. P. 165-178.
4. Processing Oats Grain for Cull Cows Finished in Feedlot Processamento Do Grro De Aveia Para Alimentazro De Vacas De Descarte Terminadas Em Confinamento / J. Restle [et al.] // Cincia Animal Brasileira. 2009. Vol. 10, Issue 2. P. 497-503. URL: <https://doaj.org/article/018feb12ab5748b58e26ba8508289daa>.
5. **Nikkhah A.** Postmodern Management of Starchy Grains for Ruminants: a Barley Grain Perspective // Russian Agricultural Sciences. 2012. Vol. 38. P. 14-21. doi: <https://doi.org/10.3103/S106836741201017X>.

6. **Вольвак С.Ф., Шаповалов В.И.** Исследование процесса измельчения концентрированных кормов // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2022. № 4 (36). С. 14-24.

7. **Хапов Ю.С.** Разработка измельчителя-смесителя кормов // Современные научные исследования и разработки. 2017. № 4 (12). С. 518-521.

8. **Миронов К.Е., Мансуров А.П., Низовцев С.Л.** Определение количественных показателей работы измельчителя зерна // Вестник НГИЭИ. 2020. № 4 (107). С. 24-33.

9. Структурный анализ потоков данных (Data Flow Diagrams – DFD): метод. указ. / сост. Д.Ю. Киселев, Ю.В. Киселев, В.Д. Макарьев. Самара: СГАУ, 2014. 12 с.

10. Теория систем и системный анализ / С.И. Маторин., О.А. Зимовец. Белгород: НИУ «БелГУ», 2012. 288 с.

11. **Калянов Г.Н.** Консалтинг при автоматизации предприятий. отличается от серийного (рис. 16) М.: СИНТЕГ, 1997. 316 с.

Process Control System for Crushing Sunflower Cake

I.E. Priporov,
R.E. Ivanaysky
(Kuban State Agrarian University)

Summary. The author presents the results of designing the structure of the automation system for the process of crushing sunflower cake using a modernized crusher with the help of data flow diagrams. The diagram allows you to control the process using a multimedia device, expand the functionality of its application in the developed system, reduce the energy intensity of the process and improve the quality of the product.

Key words: improved crusher, sunflower cake, data flow diagram, control system, energy consumption.



УДК 637.116

DOI: 10.33267/2072-9642-2024-10-26-28

Анализ доильного оборудования, предлагаемого на российском рынке

В.В. Кирсанов,

чл.-корр. РАН, д-р техн. наук,

проф., зав. отделом,

kirvv2014@mail.ru

(ФНАЦ ВИМ);

Т.Н. Кузьмина,

ст. науч. сотр.,

Tnk60@mail.ru

(ФГБНУ «Росинформмаштех»)

Аннотация. Проанализировано современное состояние технической оснащенности доильным оборудованием отечественных молочных ферм и комплексов. На основе оценки предложений доильного оборудования на российском рынке сделаны выводы о том, что его номенклатура позволяет создавать технологические линии доения, соответствующие способам содержания (привязное/беспривязное), продуктивности коров, размерам дойного стада и архитектурно-планировочным решениям помещений.

Ключевые слова: корова, доильное оборудование, ведро, молокопровод, доильный зал, доильный робот.

Постановка проблемы

Увеличение производства молока является актуальной проблемой для российского молочного животноводства, которую пытаются решить, не только улучшая генетический потенциал молочного стада, но и путем повышения эффективности технологий содержания животных и применяемого автоматизированного оборудования, основу которого составляет оборудование для доения коров и первичной обработки молока. В зависимости от способов содержания коров и принятой системы организации машинного доения применяют различные типы доильных установок отечественного и зарубежного производства.

В постперестроечный период наблюдались резкий спад выпуска доильного оборудования, производимого отечественными предприятиями, и расширение предложений зарубежного оборудования на российском рынке. Недостаточные объемы производства новой техники на специализированных машиностроительных заводах стали одной из причин использования устаревших машин и технологий при привязном содержании коров, для доения использовалось оборудование со сбором молока в переносные ведра или молокопровод. Доением в залах при беспривязном содержании было охвачено лишь 8-10% поголовья [1].

Одними из главных факторов увеличения объемов производства молока являются техническая модернизация, проводимая в молочном скотоводстве, и строительство

новых высокотехнологичных молочных ферм. В 2023 г. построено, реконструировано, модернизировано и введено в эксплуатацию 176 молочных животноводческих ферм. Дополнительное производство молока за счет этих мероприятий составило 266,8 тыс. т [2].

Благодаря внедрению новых технологий на крупных фермах удалось нарастить объемы производства и поднять уровень самообеспеченности молоком до 85,7% (данные Росстата). Применение на молочных комплексах наиболее передового автоматизированного и роботизированного оборудования позволило не только увеличить надои молока от одной коровы, но и сделать процесс доения более физиологичным, повысив одновременно и качество молока [3, 4]. Однако при строительстве новых и модернизации действующих ферм и комплексов по производству молока преобладающим фактором является использование зарубежного оборудования, что в санкционных условиях создает риски для эффективного развития отрасли. Также существенным остается удельный вес объектов с устаревшими способами производства, вследствие чего в некоторых регионах биопотенциал скота молочных пород используется не полностью.

В связи с этим анализ номенклатуры доильного оборудования, предлагаемого на российском рынке, является актуальным направлением исследований, результаты которых позволят определить «белые пятна» в техническом оснащении процесса доения на молочных фермах и комплексах Российской Федерации.

Цель исследований – анализ технологической и технической базы производства молока в условиях молочных ферм и комплексов.

Материалы и методы исследования

Объектом исследований выступили информационные материалы, представленные в открытом доступе на сайтах производителей и поставщиков доильного оборудования, ЦНСХБ, РИНЦ, на российских выставках.

В процессе выполнения исследования использовались методы информационного анализа и синтеза, экспертизы, информационно-аналитического мониторинга.

Результаты исследований и обсуждение

На эффективность производства молока, наряду с наличием на предприятиях современных технических средств для содержания высокопродуктивных животных районированных пород, хранения, переработки и реализации продукции, оказывает влияние и оснащенность молочных ферм доильным оборудованием. В настоя-

щее время на фермах и комплексах машинное доение проводят с помощью доильных аппаратов, входящих в состав различных доильных установок. В зависимости от способа содержания коров доение осуществляется при привязном способе в стойлах, при беспривязном – в доильных залах или роботизированными установками [5].

При доении коров в стойлах используют передвижные и стационарные доильные установки с переносными ведрами и со стойловым молокопроводом. Доля таких предприятий составляет 42-45% [1]. В личных подсобных и небольших фермерских хозяйствах используют передвижные доильные установки. Их на российском рынке предлагают ОАО «Кургансельмаш» (Установка доильная индивидуальная УДИ-5), ОАО «Челно-Вершинский машиностроительный завод» (доильные аппараты для коров АИД), ОАО «Гомельагрокомплект» (установка индивидуального доения УИД-1), Миасский завод доильного оборудования (доильный аппарат «Доюшка»), Melasty (Турция) (доильный аппарат Melasty ТСК1-АК Junior и др.) и др. [6].

В коровниках привязного содержания на 100-200 голов используют доильные установки с молокопроводом типа АДМ-8А, УДМ-100-200. При оснащении установок современными доильными аппаратами с автоматическим отключением и снятием доильных стаканов сокращается заболеваемость животных маститом на 10-15%. Оборудование для доения в молокопровод на российском рынке широко предлагается отечественными и некоторыми зарубежными компаниями (см. таблицу).

Техническое оснащение большинства молочных ферм привязного содержания является неудовлетворительным. Применяемые на них морально устаревшие доильные установки с молокопроводом типа АДМ-8А-1-2 не имеют требуемых уклонов и герметичности уплотнений, а санитарное состояние большинства стеклянных молокопроводов не соответствует санитарно-гигиеническим требованиям, что не позволяет получать продукцию высокого качества [7].

Совершенствование установок с доением в молокопровод позволило автоматизировать процесс доения, учет количества надоев, сбор и обработку информации по отдельным животным, повысить эффективность транспортировки молока в молочное отделение, обеспечить фильтрацию и охлаждение его до температуры хранения. К данному типу оборудования относятся доильные установки УДМ-100 и УДМ-200 с молокопроводом из нержавеющей стали (разработка ФНАЦ ВИМ и НПП «Фемакс», изготовители – ОАО «Челно-Вершинский завод», ОАО «Кургансельмаш», ООО НПП «Агромакс»). По сравнению с установками АДМ-8 в них в 3 раза сокращено количество стыков, обеспечивается стабильный вакуумный режим, повышена надежность, сокращена трудоемкость обслуживания и ремонта. По критерию «цена-качество» установка УДМ-200 признана лидером среди аналогичных установок, в том числе импортного производства. Дальнейшая модернизация этих установок

Перечень моделей отечественных установок с доением молокопровод

Модель	Изготовитель
АДМ-8А-100	ОАО «Кургансельмаш»
АДМ-8А-200	
АДМН-200	
УДМ-100	ООО НПП «Агромакс»
УДМ-200	
АДМ-8	АО «Челно-Вершинский машиностроительный завод»
Молокопровод на 100/200/400 коров	Компания «Агромолтехника»
	Компания «Агромолтехника-Сибирь»
	Компания «Ижагромаш»
Доильные установки АДМ-8А-1-2	ОАО «Гомельагрокомплект» (Республика Беларусь)
Доильный агрегат АДСН-100-200	

посредством укомплектования автоматизированными доильными аппаратами, оснащенными счетчиками-датчиками потока молока (УДМ-100/200 А), будет способствовать повышению их технического уровня.

На современных предприятиях по производству молока в России получают распространение технологии беспривязного содержания коров с доением в доильных залах. Наиболее применяемыми являются доильные залы типа «Ёлочка» («Ёлочка» УДА-16А и др.). Преимущества данной технологии (компактное расположение техники для доения, эргономичное рабочее место оператора, минимальная протяженность транспортировки молока от доильного аппарата до охлаждающей термоизолированной емкости, возможность полной автоматизации процесса доения и использование программ управления стадом, которые включают в себя ветеринарные и зоотехнические мероприятия) обусловили ее широкое распространение на фермах в промышленно развитых странах. Там оборудование данного типа установлено в более чем 90% хозяйств [8].

Номенклатура доильных залов достаточно обширна, на российском рынке их предлагают как отечественные, так и зарубежные производители: ОАО «Кургансельмаш» («Ёлочка-автомат» УДА-16А с рычажным манипулятором доения МД-Ф-1), ООО НПП «Агромакс» («Ёлочка» от 2х6 до 2х12 с манипулятором отключения: исполнение 1 – с пневмомеханическим управлением, 2 – с электронной системой управления доением и учета индивидуального надоя, 3 – с компьютерной системой управления стадом), доильная установка с параллельно-проходными станками УДПМ, компания GEA (Германия) – доильные залы типа «Ёлочка», «Тандем», «Параллель», SwingOver, Side-by-side, компания Afimilk (Израиль) – доильные залы типа «Ёлочка», «Карусель», «Параллель», компания Dairy Master (Ирландия) – доильные залы «Ёлочка», «Карусель», «Параллель», SwingOver и др.

Сравнение с зарубежными доильными залами выявило отставание в части производства оборудования для крупных ферм – прежде всего, доильных залов типа «Параллель» (от 2×24 до 2×48) и «Карусель» (на 36-48-60-72 доильных места), что послужило основной причиной использования импортных установок при новом строительстве и модернизации крупных молочных ферм (1200 голов и более).

Высокая трудоемкость доения, растущие требования к качеству выдоенного молока и стоимость труда работников способствовали внедрению роботизированных доильных установок. В России на данный момент насчитывается около 1 тыс. доильных роботов компаний Lely (Нидерланды), DeLaval (Швеция), Fullwood (Великобритания), Gea Farm Technologies (Германия), которые рассчитаны на 50-300 голов дойного стада. Однако введение санкций увеличило риски, связанные с ремонтом и сервисным обслуживанием данного оборудования.

Создание недорогой по сравнению с зарубежными моделями отечественной роботизированной доильной установки позволит снизить импортозависимость от зарубежных фирм в этом сегменте оборудования [9-11].

Выводы

1. На российском рынке для доения коров представлено как российское, так и зарубежное оборудование. Номенклатура его позволяет создавать технологические линии доения, соответствующие способам содержания, продуктивности коров, размерам дойного стада и архитектурно-планировочным решениям помещений.

2. Совершенствование отечественного доильного оборудования должно идти в направлении повышения качества процесса доения путем создания доильных аппаратов с почетвертным доением и автоматизации подготовительно-заключительных операций с использованием автоматизированных и роботизированных манипуляторов доения.

Список использованных источников

1. Система машин для механизации и автоматизации выполнения процессов при производстве продукции животноводства и птицеводства на период до 2030 года / Морозов Н.М. [и др.]. М.: ФНАЦ ВИМ, 2021. 180 с.
2. Национальный доклад о ходе и результатах реализации в 2023 году Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия [Электронный ресурс]. URL: <https://mcs.gov.ru/upload/iblock/2e7/274gki20f8y3v18pbvoms1wixv0j8dh4.pdf> (дата обращения: 30.08.2024).
3. Морозов Н.М. Направления развития техники для механизации и автоматизации животноводства // Техника и технологии в животноводстве. 2022. № 2(46). С. 11-17.
4. Зимняков В.М., Ильина Г.В., Ильин Д.Ю., Зимняков А.М. Состояние, проблемы и перспективы производства молока в России // Техника и технологии в животноводстве. № 1 (49). 2023. С. 4-10.

5. РД-АПК 1.10.01.01-18. Методические рекомендации по технологическому проектированию ферм и комплексов крупного рогатого скота. М., 2018. 166 с.

6. Доильные аппараты [Электронный ресурс]. URL: <https://agroserver.ru/doilnye-apparaty> (дата обращения: 19.02.2024).

7. Выбор технологии доения [Электронный ресурс]. URL: https://russkayaferma.ru/stati/vybor_tekhnologii_doeniya/?sphrase_id=3414307 (дата обращения: 28.02.2024).

8. Описание доильных залов и установок [Электронный ресурс]. URL: <https://stroy-podskazka.ru/doilnyj-apparat/zal-i-ustanovki/> (дата обращения: 11.03.2024).

9. Цой Ю.А., Кирсанов В.В., Мамедова Р.А., Кирсанов С.В. Развитие средств механизации и автоматизации в молочном животноводстве // С.-х. машины и технологии. 2024. Т. 18. № 1. С. 30-37.

10. Морозов Н.М., Кирсанов В.В. Эффективность применения различных способов механизации и автоматизации доения коров // Экономика сел. хоз-ва России. 2023. № 2. С. 11-18.

11. Цой Ю.А., Кирсанов В.В., Романов Д.В., Фокин А.И. Оценка и прогнозирование повышения конкурентоспособности и эффективности производства молока // Техника и оборудование для села. 2022. № 7 (301). С. 2-7.

Analysis of Milking Equipment Offered on the Russian Market

V.V. Kirsanov
(FGBNU FNATS VIM)

T.N. Kuzmina
(FGBNU "Rosinformagrotech")

Summary. The current state of availability of milking equipment at domestic dairy farms and complexes is analyzed. After the assessment of milking equipment offers on the Russian market it can be concluded that the range of milking equipment allows creating technological milking lines that correspond to the livestock keeping methods (tied/untied), cow productivity, the size of the milking herd and architectural planning solutions for the premises.

Key words: cow, milking equipment, bucket, milk pipeline, milking parlor, milking robot.



УДК 631.171

DOI: 10.33267/2072-9642-2024-10-29-32

Оптимизация параметров и режимов работы смесителя БМВД

В.В. Гордеев,канд. техн. наук, доц., вед. науч. сотр.,
cow-sznii@yandex.ru**Е.В. Авакимянц,**соискатель,
avakimyants@gmail.com**В.Е. Хазанов,**канд. техн. наук, доц., вед. науч. сотр.,
cow-sznii@yandex.ru
(ИАЭП-филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

Аннотация. Приведены результаты экспериментальных исследований по определению качества смеси и энергоемкости смешивания предложенным лопастным смесителем для предварительного приготовления смеси белково-минерально-витаминных добавок в зависимости от угла установки лопастей, окружной скорости на краю лопасти и времени смешивания. Установлены оптимальные параметры и режимы работы смесителя для достижения коэффициента неоднородности смеси, соответствующего зоотехническим требованиям ($V_c \leq 10\%$), и минимума энергоемкости смешивания.

Ключевые слова: лопастной смеситель, смешивание, белково-минерально-витаминные добавки, кормосмесь.

Постановка проблемы

Молочная продуктивность животного определяется качеством кормления (70%), генотипом (20%) и условиями его содержания (10%) [1]. Качество кормления обеспечивается совокупностью технологий и технических средств подготовки, переработки, приготовления и раздачи кормосмеси. В каждом хозяйстве по производству молока разрабатывается система кормления на основе анализа имеющейся кормовой базы с учетом детализированных норм кормления, питательности кормов и систем содержания [2].

Обеспечение наиболее полного использования питательности кормов, сбалансированность рационов достигаются включением в состав кормосмеси белково-минерально-витаминных добавок (БМВД). Большой спектр производимых добавок позволяет специалистам составлять оптимальные рационы по питательности, макро-, микроэлементам и витаминам в зависимости от условий содержания, продуктивности и прочих факторов [3-6], а применение добавок, направленных на снижение негативного воздействия на окружающую среду, – снижать выбросы углекислого газа на 10%, метана – на 30-40% [7].

Основной проблемой при использовании БМВД является точность кормления, так как добавки включаются в кормосмесь в количестве менее 1% (10-300 г на одну голову) от общей массы. Это требует совершенствова-

ния технологий и технических средств приготовления кормосмеси. Одним из направлений совершенствования является разработка смесителя для приготовления предварительной смеси БМВД [8, 9].

Смешивание является сложным процессом, который зависит от конструкции смесителя, режимов его работы и физико-механических свойств смешиваемых материалов [10], в связи с чем обоснование параметров и режимов работы смесителя для приготовления предварительной смеси БМВД, обеспечивающих снижение удельной энергоемкости при высоких показателях качества смеси, отвечающих зоотехническим требованиям, является актуальной народно-хозяйственной задачей.

Цель исследования – обеспечение минимума энергоемкости процесса смешивания и качества смеси, соответствующего зоотехническим требованиям, путем оптимизации параметров и режимов работы смесителя.

Материалы и методы исследования

Разработан центробежный лопастной смеситель периодического действия для приготовления предварительной смеси белково-минерально-витаминных добавок (рис. 1). Смеситель может использоваться как самостоятельная машина для смешивания БМВД в технологических линиях по приготовлению кормов на фермах КРС по производству молока, а также мясного направления.

Смеситель работает следующим образом. Компоненты в произвольном порядке загружаются в бункер, где под воздействием лопастной мешалки перемешиваются до однородного состояния. Далее готовая смесь через лоток выгрузки полностью выгружается, и смеситель



Рис. 1. Общий вид смесителя:

1 – бункер; 2 – лоток выгрузки;
3 – привод с лопастной мешалкой; 4 – рама;
5 – блок управления; 6 – панель управления

готов для приготовления следующей порции. В блоке управления с помощью панели управления задается необходимая частота вращения привода.

Для определения оптимальных параметров и режимов работы смесителя в лабораторных условиях проведён многофакторный эксперимент с использованием трёхуровневого плана Бокса-Бенкина. Факторы, подлежащие исследованию, и уровни их варьирования указаны в табл. 1.

Таблица 1. Факторы и уровни их варьирования

Факторы	Кодированное обозначение	Уровни факторов			Интервал
		-1	0	+1	
Окружная скорость на краю лопасти u_0 , м/с	X_1	8	9,5	11	1,5
Время смешивания t , с	X_2	30	90	150	60
Угол установки лопасти β_L , град.	X_3	30	45	60	15

Смешивали два компонента: первый (основной) – крупа манная [11] и второй (ключевой) – просо, окрашенное с помощью пищевых красителей. Для всех опытов смесь имела общую массу 27,27 кг и состояла из 27 кг основного компонента и 0,27 кг ключевого. Сначала в смеситель загружался основной компонент, затем добавляли ключевой и начинали процесс смешивания.

По окончании смешивания отбирали пробы трехточечным пробоотборником, что позволяло в результате однократного отбора формировать две пробы из нижнего и верхнего слоев смеси. Отобранные пробы помещали в отдельные герметичные емкости для дальнейшего анализа. В ходе анализа материал каждой пробы взвешивали, затем пробу разделяли на основной и ключевой компоненты, полученные доли взвешивали с точностью до 0,1 г. Время смешивания контролировали секундомером.

Результаты исследований и обсуждение

В ходе экспериментальных исследований была установлена зависимость коэффициента неоднородности смеси (Y_1) и энергоёмкости (Y_2) процесса смешивания от параметров и режимов работы смесителя БМВД (табл. 2).

В результате обработки экспериментальных данных таблицы известными методами математической статистики [12] были получены регрессионные модели для описания зависимости величины коэффициента неоднородности

Таблица 2. Результаты экспериментальных исследований

№ опыта	Факторы и их взаимодействие			Y_1	Y_2
	X_1	X_2	X_3		
1	+1	+1	0	8,04	4,13
2	0	+1	-1	9,34	2,73
3	+1	0	-1	11,19	1,94
4	0	+1	+1	8,91	4,01
5	+1	0	+1	9,62	2,82
6	0	0	0	8,11	2,04
7	0	-1	-1	23,27	0,54
8	-1	0	-1	39,05	1,37
9	+1	-1	0	11,22	0,83
10	-1	0	+1	10,91	1,99
11	0	0	0	6,58	2,04
12	-1	-1	0	41,95	0,57
13	-1	+1	0	27,80	2,83
14	0	-1	+1	12,17	0,80
15	0	0	0	6,95	2,05

смеси и энергоёмкости процесса смешивания от параметров и режимов работы смесителя БМВД:

$$Y_1 = 7,72077 - 9,955 \cdot X_1 - 4,315 \cdot X_2 - 5,155 \cdot X_3 + 9,59115 \cdot X_1^2 + 2,7425 \cdot X_1 \cdot X_2 + 6,6425 \cdot X_1 \cdot X_3 + 5,32115 \cdot X_2^2 + 2,6675 \cdot X_2 \cdot X_3, \quad (1)$$

$$Y_2 = 3,04769 - 0,575 \cdot X_1 + 2,105 \cdot X_2 - 0,605 \cdot X_3 + 0,0615385 \cdot X_1^2 - 0,3825 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,1025 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,4025 \cdot X_2 \cdot X_3 + 0,171538 \cdot X_3^2. \quad (2)$$

По уравнениям регрессии построены трехмерные поверхности отклика для определения влияния исследуемых факторов на неоднородность смеси (рис. 2) и энергоёмкость (рис. 3) смешивания с указанием факторов в раскодированном виде: $V_c = f(u_0; \beta_L)$; $V_c = f(u_0; t)$; $E_i = f(u_0; \beta_L)$; $E_i = f(u_0; t)$.

Анализ полученных данных показал, что наибольшее влияние на качество смеси оказывают окружная скорость на краю лопасти и ее квадрат, угол установки лопасти (увеличение которого положительно влияет на качество смеси), время смешивания, произведение факторов (окружная скорость и угол установки лопасти). С увеличением всех факторов неоднородность уменьшается.

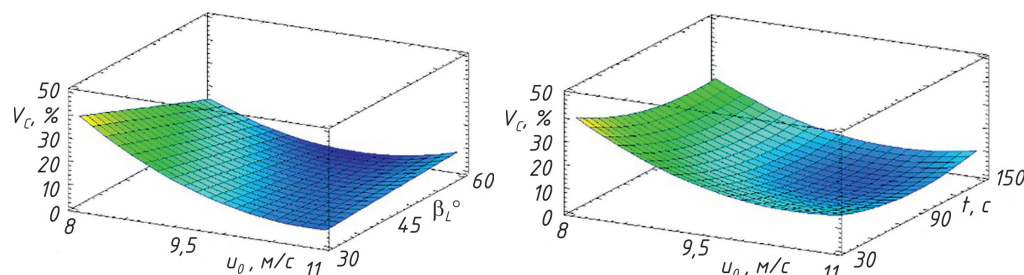
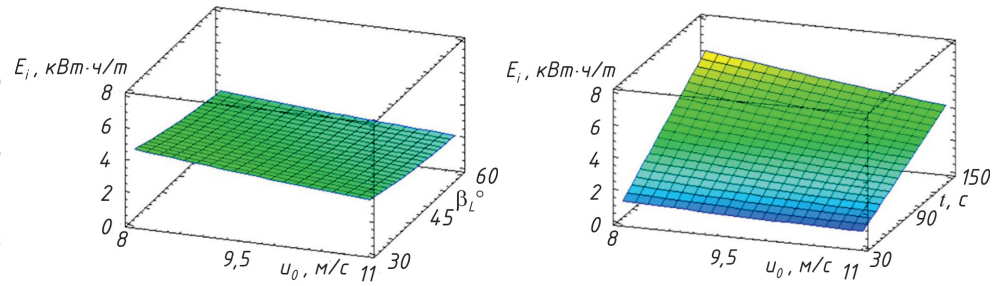


Рис. 2. Поверхности отклика влияния окружной скорости на краю лопасти u_0 (м/с), угла ее наклона β_L (град.) и времени смешивания t (с) на коэффициент неоднородности смеси V_c (%)

Рис. 3. Поверхности отклика влияния окружной скорости на краю лопасти u_0 (м/с), угла наклона лопасти β_L (град.) и времени смешивания t (с) на энергоёмкость процесса смешивания E_i (кВт·ч/т)



Наилучшее качество смеси, полученное при экспериментальных исследованиях, составляет $V_c = 6,58 \%$ и достигается при окружной скорости $u_0 = 9,5$ м/с, времени смешивания $t = 90$ с и угле наклона лопасти $\beta_L = 45^\circ$.

Энергоёмкость смешивания в большей степени зависит от времени смешивания и угла установки лопасти. Наименьшее значение энергоёмкости смешивания, полученное при экспериментальных исследованиях, $E_i = 0,54$ кВт·ч/т достигается при окружной скорости $u_0 = 9,5$ м/с, времени смешивания $t = 30$ с и угле наклона лопасти $\beta_L = 30^\circ$.

Исследования показали, что при увеличении окружной скорости на краю лопасти наблюдается снижение энергоёмкости. Это обусловлено снижением структурно-механического сопротивления смешиваемого материала вследствие увеличения порозности слоя.

Для нахождения оптимальных параметров и режимов работы смесителя использовали нелинейное программирование. Решение задачи оптимизации записывается в виде

$$\begin{cases} V_c = f(X_1; X_2; X_3) \leq 10\% \\ E_i = f(X_1; X_2; X_3) \rightarrow \min \\ -1 \leq X_1 \leq 1 \\ -1 \leq X_2 \leq 1 \\ -1 \leq X_3 \leq 1. \end{cases} \quad (3)$$

На основе анализа математических моделей (1, 2) была решена компромиссная задача по определению значения факторов для достижения коэффициента не-

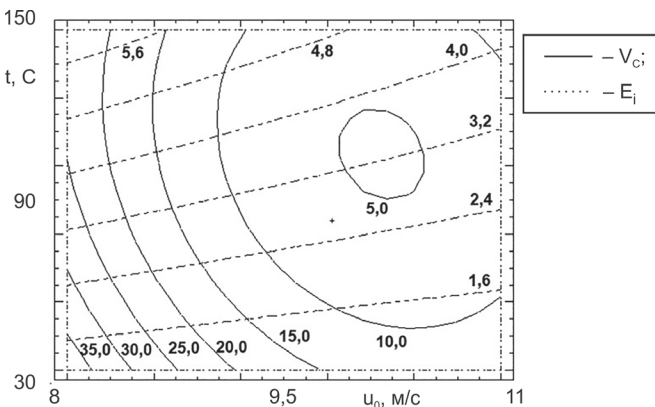


Рис. 4. Контуры сечения поверхности отклика при решении оптимизационной задачи

однородности смеси, соответствующего зоотехническим требованиям ($V_c \leq 10\%$), и минимума энергоёмкости смешивания. Процедура решения компромиссной задачи позволяет найти оптимальное значение целевой формулы. Решение задачи оптимизации параметров и режимов работы смесителя выполнялось на ЭВМ с использованием статистической графической программы Statgraphics 19. На рис. 4 показаны контуры сечения поверхности отклика при решении компромиссной задачи.

Анализ полученных данных позволил сделать вывод, что оптимальные параметры и режимы работы смесителя для достижения коэффициента неоднородности смеси, соответствующего зоотехническим требованиям ($V_c \leq 10\%$), и минимума энергоёмкости смешивания составляют: окружная скорость на краю лопасти $u_0 = 9,83$ м/с, время смешивания $t = 88$ с, угол установки лопасти $\beta_L = 60^\circ$, при этом коэффициент неоднородности смеси составил $V_c = 2,51\%$, а энергоёмкость смешивания – $E_i = 2,31$ кВт·ч/т.

Выводы

1. На основании экспериментальных исследований получены уравнения регрессии для определения влияния исследуемых факторов на коэффициент неоднородности смеси и удельную энергоёмкость смешивания, наибольшее влияние на качество смеси оказывает окружная скорость на краю лопасти, на энергоёмкость – время смешивания и угол установки лопасти.

2. Минимальная энергоёмкость смешивания ($E_i = 2,31$ кВт·ч/т) при достижении нормативного коэффициента неоднородности смеси ($V_c \leq 10\%$) получена при окружной скорости на краю лопасти $u_0 = 9,83$ м/с, времени смешивания $t = 88$ с, угле установки лопасти $\beta_L = 60^\circ$.

Список использованных источников

1. Тузов И.Н., Григорьева М.Г. Современные проблемы в скотоводстве. Краснодар: КубГАУ, 2016. 117 с.
2. Волгин В.И. Полноценное кормление молочного скота – основа реализации генетического потенциала продуктивности / В.И. Волгин, Л.В. Романенко, П.Н. Прохоренко, З.Л. Федорова, Е.А. Корочкина : моногр. М.: РАН, 2018. 260 с.
3. Юдин В.А. Использование минерально-витаминного премикса на основе бентонита при раздое коров // Кормление с.-х. животных и кормопроиз-во. 2013. № 4. С. 26-37.
4. Humer E., Petri R.M., Aschenbach J.R., Bradford B.J., Penner G.B., Tafaj M., Südekum K.H. and Zebeli Q. 2018 Invited

review: Practical feeding management recommendations to mitigate the risk of subacute ruminal acidosis in dairy cattle // Journal of Dairy Science, 101 872888 12-17.

5. **Stefańska B., Sroka J., Katzer F., Goliński P. and Nowak W.** 2020 The effect of probiotics, phytobiotics and their combination as feed additives in the diet of dairy calves on performance, rumen fermentation and blood metabolites during the preweaning period // Animal Feed Science and Technology, 114738.

6. **Yang W.Z., Beauchemin K.A. and Rode L.M.** 1999 Effects of an Enzyme Feed Additive on Extent of Digestion and Milk Production of Lactating Dairy Cows // Journal of Dairy Science, 82 391403.

7. Al-Azzawi M., Bowtell L., Hancock K., & Preston S. (2021). Addition of activated carbon into a cattle diet to mitigate GHG emissions and improve production. Sustainability (Switzerland), 13(15) DOI: 10.3390/su13158254.

8. Прогнозно-аналитическое сопровождение инновационного развития в сфере сельского хозяйства: сб. / Под. общ. ред. В.Ф. Федоренко. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 504 с.

9. **Авакимянц Е.В., Гордеев В.В.** Анализ технологических линий приготовления кормосмесей и возможность их совершенствования // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2020. № 2(103). С. 98-108.

10. **Авакимянц Е.В., Гордеев В.В.** Физико-механические свойства кормовых добавок для КРС // АгроЭкоИнженерия. 2020. № 1. С.100-108.

11. **Авакимянц Е.В., Гордеев В.В.** Обоснование выбора модельного материала для экспериментальных исследований по смешиванию БМВД // Техника и технологии в животноводстве. 2022. № 3 (47). С. 59-62.

12. **Валге А.М.** Основы статистической обработки экспериментальных данных при проведении исследований по механизации сельскохозяйственного производства с примерами на Statgraphics и Excel / А.М. Валге, Н.И. Джаббаров, В.А. Эвиев; Ин-т агроинженерных и экологических проблем с.-х. пр-ва, Калмыцкий гос. ун-т. СПб, 2015. 137 с.

Optimization of the Parameters and Operating Modes of the Mixer for Producing the Mixture of Protein-mineral-vitamin Additives

V.V. Gordeev, E.V. Avakimyan, V.E. Khazanov

(IAEP-branch of the FGBNU FNATS VIM)

Summary. The results of experimental studies of the proposed paddle mixer for preliminary preparation of the mixture of protein-mineral-vitamin additives showed the dependance of the quality of the mixture and the energy intensity of mixing on the angle of the blades, the peripheral speed at the edge of the blade and the mixing time. The optimal parameters and operating modes of the mixer were established to achieve the coefficient of non-uniformity of the mixture corresponding to zootechnical requirements ($V_c \leq 10\%$) and a minimum energy intensity of mixing.

Key words: paddle mixer, mixing, protein-mineral-vitamin additives, feed mixture.

ЗВЕЗДЫ АГРОСАЛОНА



ЗОЛОТАЯ ЗВЕЗДА



СЕЯЛКА AGROEEO SMC
За разработку высокопроизводительной и многофункциональной сеялки точного высева российского производства с высоким уровнем локализации



ПРИЦЕПНАЯ ПОСЕВНАЯ КОМБИНАЦИЯ CIRRUS 9004-2C GRAND
За применение уникальных инженерных решений для увеличения производительности посевного комплекса, быстро адаптирующегося к различным концепциям возделывания полей



ПЕРВЫЙ САМОХОДНЫЙ СВЕКЛОУБОРОЧНЫЙ КОМБАЙН РОССИЙСКОГО ПРОИЗВОДСТВА
За разработку и запуск в производство первого самоходного свеклоуборочного комбайна российского производства с проработкой максимальной локализации основных узлов и компонентов



КРУГОВАЯ ДОЖДЕВАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОЛИВА IS 110
За разработку и внедрение универсальных систем орошения российского производства, повышающих урожайность и качество продуктов растениеводства



ТРАКТОР LIUGONG LT3504-CE
За применение инновационных гибридных технологий в сельском хозяйстве, ведущих к снижению постоянных затрат в АПК



ОПРЫСКИВАТЕЛЬ-РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬ «ТУМАН-4»
За разработку и исполнение уникальных машин российского производства с внедрением эффективных решений для оптимизации широкого диапазона задач по внесению удобрений и защите растений



ДАТЧИК СОБЫТИЙ «ЛОГЕР-SFC» – ЭЛЕКТРОННЫЙ МАЛОГАБАРИТНЫЙ РЕГИСТРАТОР
За разработку и внедрение уникального технического решения российского производства, направленного на повышение эффективности в АПК



PCM АВТОЗАПОЛНЕНИЕ КУЗОВА, ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ КОРМОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ F 2650
За внедрение технологических инноваций российского производства, обеспечивающих комфорт и безопасность операторов кормоуборочных комбайнов



СЕРИЯ ГИБРИДНЫХ КОМБАЙНОВ H
За реализацию инноваций в области обмолота и сепарации, а также обеспечение стабильности, производительности и качества работы зерноуборочного комбайна

УДК 621.762

ОИ: 10.33267/2072-9642-2024-10-33-35

Оценка состояния поверхности электроосажденных покрытий, полученных с применением диспергированных электроэрозией твердых сплавов

Е.В. Агеева,

д-р техн. наук, проф.,

ageeva-ev@yandex.ru

(Юго-Западный государственный университет);

В.И. Серебровский,

д-р техн. наук, проф.,

svi.doc@yandex.ru

О.С. Серникова,

аспирант,

olga.sernikova@mail.ru

(ФГБОУ ВО «Курский ГАУ имени И.И. Иванова»)

Аннотация. Представлены результаты экспериментальных исследований состояния поверхности электроосажденных покрытий, полученных с применением диспергированных электроэрозией твердых сплавов. Среднее значение микротвердости полученных покрытий составляет 0,726 ГПа, а параметр шероховатости поверхности R_a – 2,14 мкм. Проведенные экспериментальные исследования свойств поверхности покрытий, получаемых путем ввода в раствор упрочняющих добавок в виде мелкодисперсного твердосплавного электроэрозионного порошка, позволят определить наиболее рациональную область их практического применения.

Ключевые слова: изношенные детали автотракторной техники, композиционные электроосажденные покрытия, микротвердость, шероховатость.

Постановка проблемы

Создание новых многофункциональных покрытий, отличающихся сверхвысокой твердостью, износостойкостью и другими уникальными свойствами, является приоритетным направлением развития современного ремонтного производства [1]. Однако это развитие сдерживается проблемой высокой стоимости расходных материалов [2]. Одним из путей решения данной проблемы является переработка в мелкодисперсное сырье легковесных металлоотходов, содержащих дорогостоящие компоненты (W, Ti, Mo, Ni, Cr, Co, Al, Cu и др.), на собственных производственных мощностях предприятий при минимальных затратах энергии и экологическом уроне для окружающей среды [3].

Существующие в настоящее время способы переработки металлоотходов в мелкодисперсное сырье являются крупнотоннажными, энергоемкими и экологически

вредными производствами. На данный момент одним из основных приоритетных направлений развития металлургических предприятий является широкое использование ресурсосберегающих технологий с высоким коэффициентом использования материала [4].

К эффективным, но недостаточно изученным металлургическим способам измельчения легковесных металлоотходов относится электродиспергирование (ЭД) [5, 6]. К настоящему времени в промышленности данный способ практически не применяется ввиду отсутствия полноценных комплексных данных о составе, структуре и свойствах диспергированных электроэрозией частиц, а также сплавов и покрытий, получаемых на их основе. Решение данных задач путем проведения всесторонних теоретических и экспериментальных исследований позволит решить проблему создания многофункциональных покрытий с использованием приемов электроэрозионной металлургии легковесных отходов цветных металлов и легированных сплавов.

Одним из перспективных методов создания многофункциональных покрытий является железнение [7], которое позволяет получать композиционные электроосажденные покрытия (КЭП) путем ввода в электролит упрочняющих добавок в виде мелкодисперсного порошка [8]. Композиционные электроосажденные покрытия обладают более высокими эксплуатационными качествами, также при их использовании детали можно придать новые физические свойства, не характерные для обычного гальванического покрытия [9].

Однако свойства КЭП, получаемые путем ввода в раствор упрочняющих добавок в виде мелкодисперсного электроэрозионного порошка, практически не изучены, что затрудняет их практическое применение [10].

Цель исследования – исследование микротвердости и шероховатости поверхности электроосажденных покрытий, полученных с применением диспергированных электроэрозией твердых сплавов марки Т30К4.

Материалы и методы исследования

Для проведения исследований по оценке состояния поверхности КЭП на восстановленных деталях автотракторной техники, полученных с применением диспергированных электроэрозией твердых сплавов, были изготовлены

образцы из стали 30ХГСА диаметром 40 мм и толщиной 5 мм. Для введения в электролит КЭП в качестве упрочняющей добавки были использованы порошки, полученные методом ЭЭД металлоотходов твердых сплавов марки Т30К4 [11].

Осаждение композиционных покрытий с добавлением электроэрозионных материалов осуществляли на цифровом гальваноаппарате Ю-400D.

Микротвердость покрытий определяли с помощью прибора «Instron 402 MVD» (Великобритания), а шероховатость их поверхности – автоматизированным прецизионным контактным профилометром «SURTRONIC 25» (Великобритания). Блок-схемы методик исследования микротвердости и шероховатости покрытий представлены на рис. 1-2.

Результаты исследований и обсуждение

Результаты исследования микротвердости поверхности КЭП с добавлением электроэрозионной шихты Т30К4 представлены результатами испытаний на автоматической системе анализа микротвердости DM-8 по методу микро-Виккерса при нагрузке на индентор 0,198 Н (100 г) по десяти отпечаткам со свободным выбором места укола в соответствии с ГОСТ 9450-76 (Измерение микротвердости вдавливанием алмазных наконечников) при времени нагружения индентора 15 с.

Экспериментально установлено, что среднее значение микротвердости поверхности композиционных электрохимических покрытий с добавлением электроэрозионной шихты Т30К4 составляет 0,726 ГПа. Отмечено, что ввод в раствор упрочняющих добавок в виде мелкодисперсного твердосплавного электроэрозионного порошка приводит к увеличению микротвердости КЭП в среднем на 32%, что связано с наличием в электролите-суспензии высокотвердых частиц, образующихся при закалке паров металла в рабочей жидкости при диспергировании.

Микроструктура КЭП с добавлением твердосплавных электроэрозионных частиц с отпечатком индентора представлена на рис. 3, профилограмма поверхности КЭП с добавлением мелкодисперсного твердосплавного электроэрозионного порошка, полученная с помощью автоматизированного прецизионного контактного профилометра «SURTRONIC 25» – на рис. 4.

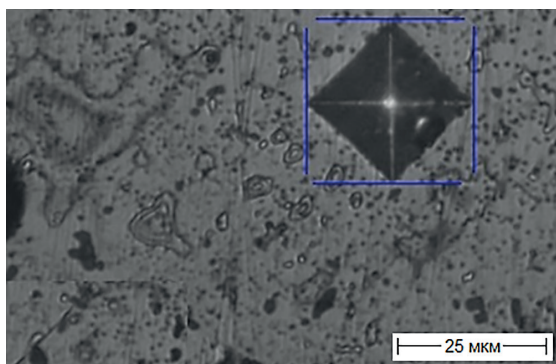


Рис. 3. Микроструктура КЭП с отпечатком индентора микротвердомера



Рис. 1. Блок-схема методики исследования микротвердости КЭП

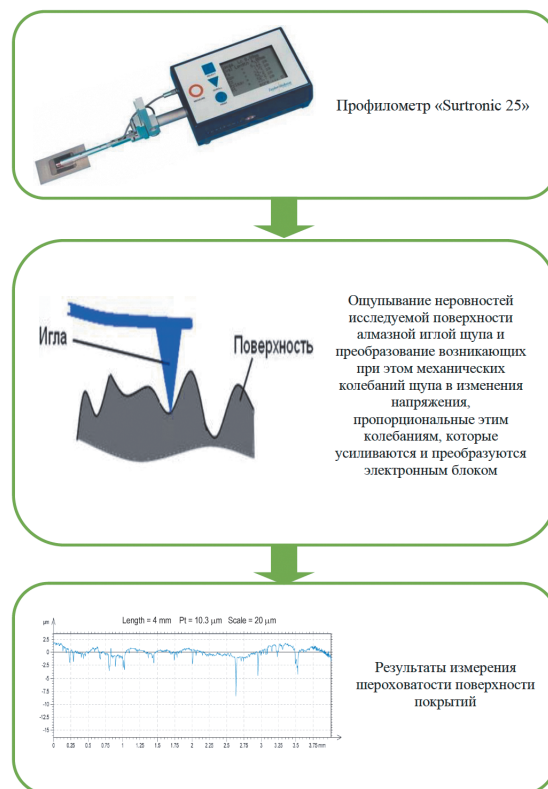


Рис. 2. Блок-схема методики исследования шероховатости КЭП

Рис. 4. Профилограмма поверхности композиционного электрохимического покрытия с добавлением электроэрозионной шихты Т30К4



Экспериментально по результатам трех измерений установлено, что параметр шероховатости поверхности R_a композиционных электрохимических покрытий на основе электролита-суспензии железа с добавлением электроэрозионных частиц Т30К4 составляет порядка 2,14 мкм.

Относительно низкая шероховатость поверхности КЭП обеспечит быструю их прирабатываемость в процессе эксплуатации.

Работа выполнена в рамках госзадания Минсельхоза России.

Код (шифр) научной темы, присвоенной учредителем (организацией) 46-1.

Выводы

1. При оценке состояния поверхности электроосажденных покрытий, полученных с применением диспергированных электроэрозией твердых сплавов, установлено, что среднее значение микротвердости поверхности покрытий с добавлением электроэрозионной шихты Т30К4 составляет 0,726 ГПа.

2. Шероховатость поверхности R_a композиционных электроосажденных покрытий на основе электролита-суспензии железа с добавлением электроэрозионных частиц Т30К4 составила 2,14 мкм.

3. Проведенные исследования свойств композиционных электроосажденных покрытий, получаемых путем ввода в раствор упрочняющих добавок в виде мелкодисперсного твердосплавного электроэрозионного порошка, позволят определить наиболее рациональную область их практического применения.

Список использованных источников

1. Кравченко И.Н., Пастухов А.Г., Чеха Т. А., Шамарин Ю.А. Ресурсосберегающая технология восстановления изношенных деталей пневматических сеялок // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2020. № 3. С. 35-39.
2. Ткачёв А.Г., Литовка Ю.В., Дьяков И.А., Кузнецова О.А. Получение наномодифицированных композиционных никелевых гальванических покрытий // Гальванотехника и обработка поверхности. 2010. Т. 18. № 1. С. 17-21.
3. Задорожний Р.Н., Романов И.В., Зуевский В.А., Сидоркин О.А. Применение вторичных твердосплавных порошков для восстановления и упрочнения деталей // Упрочняющие технологии и покрытия. 2023. Т. 19. № 2 (218). С. 77-80.
4. Юдина Е.М., Кадыров М.Р. Обоснование энергосберегающих направлений в восстановлении изношенных деталей машин электрохимическим осаждением // Электронный научный журнал. 2015. № 3 (3). С. 98-102.

5. Ageev E.V., Ageeva A.E. Composition, structure and properties of hard-alloy powders obtained by electrodispersion of T5K10 alloy in water // Metallurgist. 2022. Vol. 66. Nos. 1-2. Pp. 146-154.

6. Ageev E.V., Ageeva E.V., Korolev M.S. Study of the Surface State of Powders Produced Under Conditions of the Electroerosive Metallurgy of T5K10 Hard-Alloy Waste // Journal of Surface Investigation: X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques. 2022. Vol. 16. No. 6. Pp. 1333-1336.

7. Мохова О.П., Коробков А.И. Применение электротехнологии для восстановления изношенных деталей сельскохозяйственной техники осталиванием // Вест. РГАЗУ. 2023. № 45 (50). С. 28-32.

8. Задорожний Р.Н., Романов И.В. Повышение износостойкости рабочих органов сельскохозяйственных машин вторичными твердосплавными материалами // Упрочняющие технологии и покрытия. 2022. Т. 18. № 1 (205). С. 24-27.

9. Юдина Е.М., Гурьянов Г.В., Кисель Ю.Е., Лысенко А.Н. Стойкость композиционных гальванических покрытий при абразивном изнашивании // Сельский механизатор. 2015. № 3. С. 34-35.

10. Балакай В.И., Арзуманова А.В., Старунов А.В., Мурзенко К.В. Свойства композиционного гальванического покрытия никель-кобальт-оксид кремния // Упрочняющие технологии и покрытия. 2017. № 7 (151). С. 323-327.

11. Ageev E.V., Serebrovsky V.I., Sernikova O.S. Оценка износостойкости гальванопокрытий восстановленных деталей // Техника и оборудование для села. 2024. № 4. С. 36-39.

Evaluation of the Surface Condition of the Electrodeposited Coatings Obtained Using hard Alloys Dispersed by Electrical Erosion

E.V. Ageeva

(Southwestern State University)

V.I. Serebrovsky, O.S. Sernikova

(Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov)

Summary. The article presents the results of experimental studies of the surface condition of the electrodeposited coatings obtained using hard alloys dispersed by electrical erosion. The average value of the microhardness of the obtained coatings is 0.726 GPa, and the surface roughness parameter R_a is 2.14 μm . The experimental studies of the surface properties of coatings obtained by introducing into the solution strengthening additives in the form of finely dispersed hard alloy electrical erosion powder will make it possible to determine the most rational area of their practical application.

Key words: worn parts of the mechanical-transport vehicles and tractors, composite electrodeposited coatings, microhardness, roughness.

УДК 621.785.539

DOI: 10.33267/2072-9642-2024-10-36-38

Сравнительный анализ результатов испытаний на объёмный износ упрочненных сошников для внесения аммиака, полученных методом ТВЧ-борирования

В.Ф. Аулов,

канд. техн. наук, вед. науч. сотр.,

Ю.Н. Рожков,

мл. науч. сотр.,

А.А. Евсюков,

инженер,

tckboy@yandex.ru

(ФГБНУ ФНЦ ВИМ)

Аннотация. Приведены результаты анализа объемного изнашивания сошников, упрочненных карбидом бора с добавлением FeSi и порошка ПГ-С27, после полевых испытаний. Покрываются рабочие поверхности методом скоростного ТВЧ-борирования. Износостойкость сошников после проведения ТВЧ-наплавки возросла в 5,5-41 раз. Наименьшая износостойкость наблюдается у сошника № 1 (9717 мм³), наибольшая – у сошника № 2 (1228 мм³). Кроме общего износа сошника, был проанализирован износ покрытий.

Ключевые слова: абразивный износ, ТВЧ-борирование, износостойкость, объемный износ.

Постановка проблемы

Для внесения в почву семян, жидких удобрений в сельскохозяйственных машинах используются специальные сошники (дисковые, анкерные и трубчатые с наральником или культиваторной лапой) [1]. Анкерные сошники с тупыми и острыми углами при вхождении в почву вскрывают борозды для семян или удобрений. Для внесения жидких удобрений (аммиак) применяются анкерные сошники (рис. 1). Сошники изготавливаются из стали 20ГЛ и проходят термообработку [2].

Рабочие органы сельскохозяйственных машин подвергаются различным видам износа, среди которых преобладает абразивный. Увеличение износостойкости сошников повысит их долговечность и снизит затраты на обслуживание сельскохозяйственных машин. Наибольшему изнашиванию подвергаются те участки рабочих органов, на которых не обеспечена повышенная износостойкость закалкой или установкой пластин из твердых материалов.

В зависимости от сечения износ может быть серповидным или клиновидным (рис. 2). Больше всего изнашиваются передняя поверхность сошника, на которую приходится наибольшие усилия при внесении удобрений, и боковые участки, которые отвечают за формирование борозды.

Для упрочнения и восстановления рабочих органов сельскохозяйственной техники [3] используются следующие методы: нанесение на изношенные участки твердых сплавов (плазменное напыление порошковых материалов, дуговое напыление, лазерная наплавка, электроискровое легирование, электроконтактная приварка) [4], напыление (газовое напыление, металлизация, плазменное напыление, напыление лазерным или ионно-лазерным лучом, электроискровое осаждение) [5], химико-термическая обработка (цементация, нитроцементация, карбонитрирование, азотирование, боротитанирование, борохромирование, борирование) и электромеханическая обработка [6].

Чаще всего упрочнение сошников выполняют путем формирования покрытий из твердых сплавов и других износостойких материалов с помощью наплавки токами высокой частоты (ТВЧ) [7] или упрочнения химико-термической обработкой (ХТО). За счёт ХТО можно получать интерметаллиды, которые значительно увеличивают износостойкость. Однако оборудование для таких процессов имеет высокую стоимость, а многие процессы ХТО отличаются большой длительностью и низкой производительностью.

Данных недостатков лишен метод высокоскоростного ТВЧ-борирования. При высокоскоростном ТВЧ-борировании образуются металлокерамические компо-



Рис. 1. Анкерный сошник

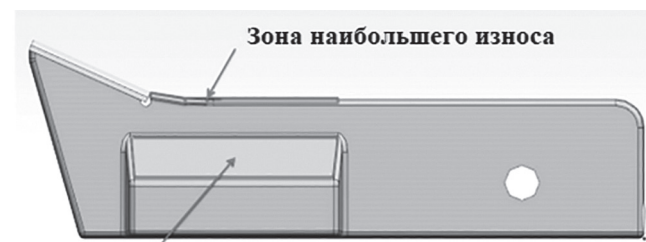


Рис. 2. Участки износа сошника

зитные покрытия с дисперсными частицами интерметаллидов, отличающиеся высокой износостойкостью за счёт дисперсного механизма упрочнения [8]. Материалы для наплавки имеют невысокую стоимость. Кроме того, технология позволяет сократить время нанесения покрытия до 2 мин.

Цель исследований – провести сравнительный анализ объемного износа сошников после полевых испытаний, полученных методом скоростного ТВЧ-борирования.

Материалы и методы исследования

Объекты исследования – анкерные сошники, упрочненные по методу скоростного ТВЧ-борирования. В процессе исследования использовались методы математического и статистического анализа, наблюдения.

Для проведения производственных (полевых) испытаний сошников был заключен договор с ООО «АМ СЕРВИС» (г. Пенза). На полевые испытания было передано 9 сошников. За сезон культиватором с установленными экспериментальными сошниками обработано 1195 га. В процессе испытаний сошники фотографировали до и после обработки поля для последующей обработки.

Результаты исследований и обсуждение

По данным специалистов ООО «АМ СЕРВИС», упрочненные сошники показали себя износостойкими с минимальным равномерным износом, разрушений нет. По расчетам каждый сошник за сезон имеет наработку 36 га. Фото сошников после испытаний представлены на рис. 3.

Из фотографий, полученных в ходе испытаний, создавалась мультэкспозиция для каждого отдельного сошника, показывающая поверхности до и после износа.

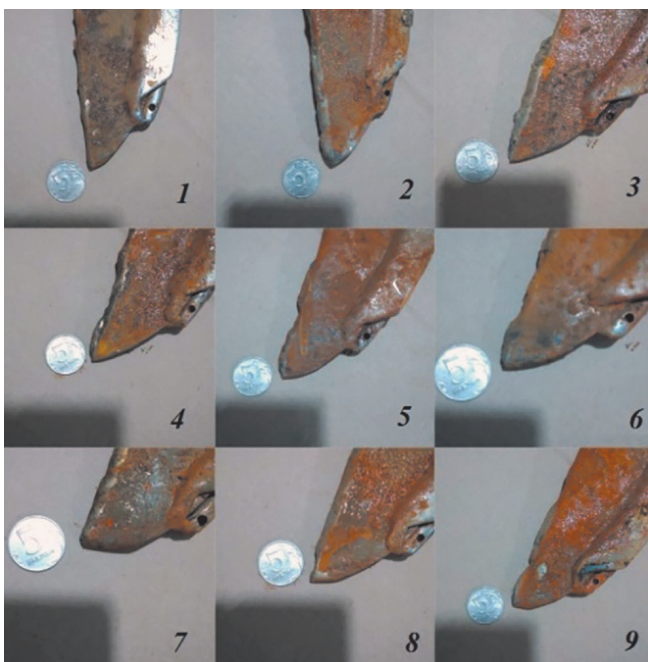


Рис. 3. Сошники после наработки 1195 га

В программе КОМПАС-3D на созданных фотографиях был обведен контур (рис. 4), обозначающий износ сошника, а затем на основе этого контура были смоделированы 3D-тела (рис. 5), обозначающие объем износа с допущением, что толщина сошника 12 мм, а износ по толщине для каждого сошника равномерный (рис. 6).

Кроме общего износа сошников, был проанализирован износ покрытий (см. таблицу).

Как показали исследования, износостойкость сошников после проведения ТВЧ-наплавки возросла в 5,5-41 раз. Наименьшая износостойкость наблюдается у сошника № 1 (9717 мм^3), наибольшая – у сошника № 2 (1228 мм^3). Значительный разброс показателей может быть связан с нестабильностью процесса нанесения покрытия.

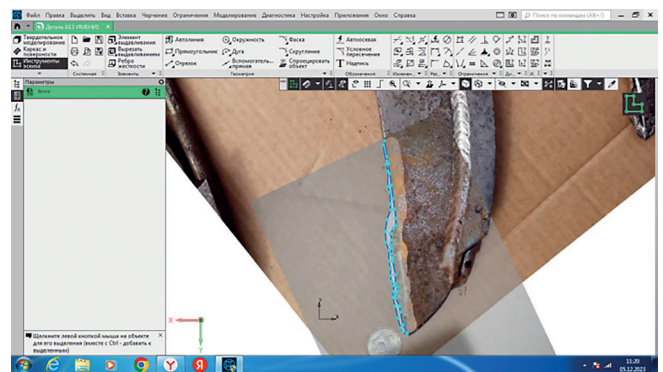


Рис. 4. Контур зоны изнашивания сошника

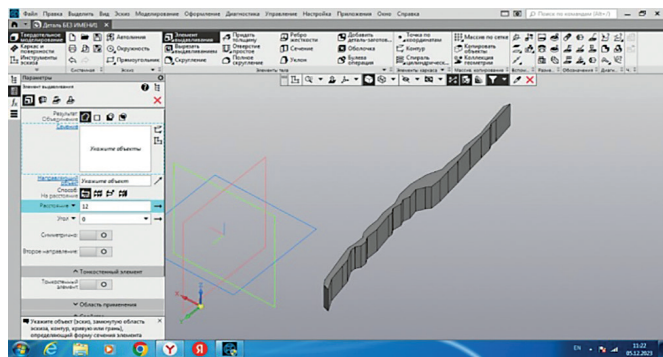


Рис. 5. 3D-тело объема износа сошника

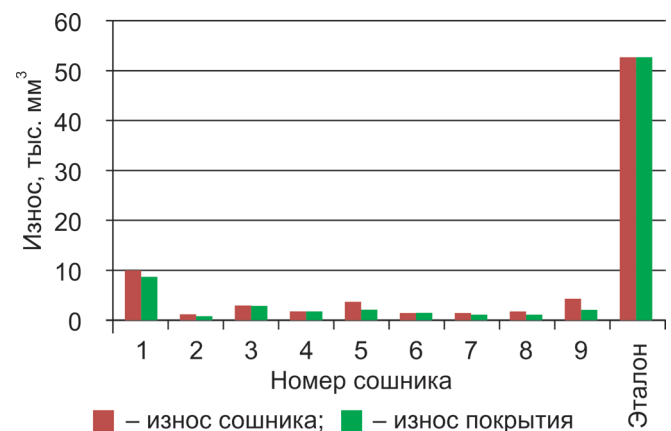


Рис. 6. Гистограмма объемного износа сошников

Доля износа покрытия от общего объема износа сошников

Номер сошника	Доля износа покрытия от общего, %	Номер сошника	Доля износа покрытия от общего, %
1	10	6	0
2	10	7	37
3	0	8	27
4	0	9	53
5	40		

Выводы

1. Сошник № 1 имеет значительно больший износ, чем остальные, равный 9717 мм³, поэтому он был принят за статистическую ошибку. Максимальной износостойкостью обладает сошник № 2 с износом 1228 мм³. Средний износ сошников составил 2555 мм³, что в 20 раз ниже износа эталонного сошника.

2. Наибольшая доля износа покрытия – у сошника № 9 (53%). Минимальный износ нанесенного покрытия отмечен у сошников № 3, 4, 6, где он практически не наблюдался, и изнашивались части, не упрочненные ТВЧ-наплавкой.

Список использованных источников

1. Булавко И.А. Анализ конструкций сошников для зерновых сеялок // Современные научные исследования и инновации. 2020. № 8(112). С. 3.
2. Задорожный Р.Н., Антонцев Н.М., Гритчин В.В., Толкачев М.Н. Технологии упрочнения долота сеялки Primera DMC 9000 фирмы «Amazone» // Тр. ГОСНИТИ. 2015. Т. 121. С. 219-222.
3. Романов И.В. Повышение износостойкости рабочих органов сельскохозяйственных машин методом ТВЧ с добавлением порошка, полученного способом ЭЭД // Технический сервис машин. 2020. № 4 (141). С. 123-131.

4. Михальченков А.М., Шустов А.Ф., Синяя Н.В., Лещев М.О. Технология восстановления ножей составных лемехов импортного производства (на примере компании «Лемкен») // Технический сервис машин. 2023. Т. 61. № 3 (151). С. 95-102.

5. Сидоров А.И. Восстановление деталей машин напылением и наплавкой. М.: Машиностроение, 1987. 192 с.

6. Новиков В.С. Обеспечение долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. М: ФГОУ ВПО МГАУ, 2008. 38 с.

7. Silyakov S.L., Yukhvid V.I., Khomenko N.Y., Ignatieva T.I., Sachkova N.V. Synthesis of casting composite materials based on tungsten carbides with nickel binding by the SHS metallurgy method // Russian Journal of Physical Chemistry B. 2020. Т. 14. № 5. С. 847-852.

8. Лялякин В.П., Аулов В.Ф., Рожков Ю.Н., Евсюков А.А. Методы восстановления сошников для внесения удобрений в почву // Технический сервис машин. 2023. Т. 61. № 3 (152). С. 100-104.

Comparative Analysis of the Results of Tests on Volumetric Wear of the Coulters for the Application of Ammonia, Hardened by the Method of High-frequency Boriding

V.F. Aulov, Yu.N. Rozhkov, A.A. Evsyukov
(FGBNU FNATS VIM)

Summary. The article presents the results of volumetric wear analysis of coulters reinforced with boron carbide with the addition of FeSi and PG-C27 powder after field tests. The coatings of the working surfaces were applied using the high-speed high-frequency boriding method. The wear resistance of the coulters after high-frequency surfacing increased by 5.5-41 times. The lowest wear resistance is observed for coulter No. 1 (9717 mm³), and the highest – for coulter No. 2 (1228 mm³). In addition to the analysis of the general wear of the coulter, the wear of the coatings was analyzed.

Key words: abrasive wear, high-frequency boriding, wear resistance, volumetric wear.



УДК 621.3

DOI: 10.33267/2072-9642-2024-10-39-43

Устройство сигнализации и блокировки несанкционированной подачи напряжения в сельскую электрическую сеть и его надёжность

А.В. Виноградов,*д-р техн. наук, доц., гл. науч. сотр.,
winaleksandr@gmail.com
(ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);***А.А. Панфилов,***аспирант,
ra3ed@mail.ru
(ФГБОУ ВО «Орловский ГАУ»);***А.В. Виноградова,***канд. техн. наук, вед. науч. сотр.,
alinawin@rambler.ru
(ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)*

Аннотация. Рассмотрены основные вероятные причины несанкционированной подачи напряжения в сельских электрических сетях. Приведены способы и варианты исполнения устройств сигнализации и блокировки от обратной трансформации на трансформаторных подстанциях 10/0,4 кВ при несанкционированной подаче напряжения на шины подстанции или в отходящие линии 0,4 кВ. Рассмотрено устройство сигнализации и блокировки от обратной трансформации типа УСБОТ-ПК и показаны принципы его применения. Выполнен расчёт основных показателей надёжности устройства УСБОТ-ПК.

Ключевые слова: электроснабжение, электробезопасность, несанкционированная подача напряжения, сигнализация, блокировка, обратная трансформация.

Постановка проблемы

В процессе эксплуатации сельских электрических сетей возможны случаи несанкционированной подачи напряжения на различные их участки. Это может быть связано с ошибочным подключением электрогенераторов при проведении ремонтных работ на линиях электропередачи (ЛЭП), работой источников распределённой генерации, нарушением правил использования частных электрогенераторов, падением проводов одной ЛЭП на провода другой и др. [1]. В связи с недостаточно высокой надёжностью сельских электрических сетей сельские жители используют в своих хозяйствах генераторы небольшой мощности, установки бесперебойного питания для резервирования электроснабжения своих домов при отказах в сети общего пользования [2, 3]. Это повышает опасность появления в сети несанкционированного напряжения, так как не все потребители соблюдают правила присоединения генераторов к внутренним электрическим сетям

(постановление Правительства России от 27 декабря 2004 г. № 861), допуская возможность подачи напряжения от данных генераторов в электрическую сеть общего пользования. Напряжение, поданное в низковольтную сеть, может быть трансформировано в напряжение среднего класса за счёт обратной трансформации на трансформаторных подстанциях (ТП) 6-20/0,4 кВ и привести к несчастным случаям [4].

Анализ рынка генераторов показывает значительный рост числа этих установок в частных хозяйствах, малых предприятиях и коммерческих организациях, что увеличивает вероятность несанкционированной подачи напряжения в электрическую сеть. Так, за 2018-2021 гг. парк генераторных установок приблизительно составил 1 190 тыс. шт., в том числе в 2018 г. – 353,1 тыс.; 2019 г. – 305,4 тыс.; 2020 г. – 261,12 тыс. и в 2021 г. – 270,4 тыс. шт. Наибольшую долю продаж составляют генераторы с бензиновыми двигателями (табл. 1) [5].

Таблица 1. Предложения генераторных установок в 2022-2024 гг.

Показатели	2022 г.	2023 г.	2024 г.
Число, тыс.	291,1	324,2	369,1
Динамика к предыдущему году, %	7,7	11,4	13,8

Федеральным законом от 27.12.2019 № 471-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об электроэнергетике» в части развития микрогенерации» предполагается внедрение в электрические сети частных электрогенерирующих объектов мощностью до 15 кВт, присоединяемых на напряжении до 1000 В. В постановлении Правительства России № 328 от 5 марта 2021 г. «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности» также рассматриваются эти вопросы. Документами регламентируются возможности санкционированного подключения микрогенерации, в том числе от возобновляемых источников энергии (ВИЭ), к сетям общего пользования, что также сопряжено с рисками несанкционированной подачи напряжения в сельские электрические сети.

Это требует мониторинга параметров режимов работы электрических сетей, а также разработки способов и технических средств предотвращения несанкционированной подачи напряжения и обратной трансформации на ТП [6]. На способы предотвращения несанкционированной подачи напряжения получен ряд патентов (например, № 2710938, 2710940, 2711597 и др.), изготовлены устройства сигнализации и блокировки от обратной трансформации (УСБОТ). Несколько устройств УСБОТ были установлены в 2020 г. на ТП 10/0,4 кВ Воронежэнерго [6, 7]. Устройства выполнялись в двух вариантах – УСБОТ-ЭМ с электромеханическими реле и УСБОТ-ПК с применением микроконтроллера. На рис. 1 показана схема для пояснения принципов применения устройств УСБОТ.

Датчики напряжения УСБОТ-ПК подключаются до и после УКА, а датчики тока – после УКА. Устройством осуществляется контроль наличия и уровня напряжения до и после УКА, а также направления тока (потока мощности) на вводе низкого напряжения ТП. Особенность УКА заключается в возможности автоматического отключения при исчезновении напряжения со стороны силового трансформатора и автоматического включения при его восстановлении. В качестве данного аппарата наиболее рационально использовать вакуумный контактор, как это было реализовано в работе [7]. УКА может устанавливаться последовательно с вводным защитным коммутационным аппаратом низкого напряжения ТП (на схеме не показан).

В случае исчезновения напряжения УКА отключается. УСБОТ-ПК контролирует напряжение до и после УКА. В случае, если напряжение появится со стороны шин низкого напряжения и отходящих линий, УСБОТ-ПК выдаст сигнал блокировки включения УКА, предотвращая таким образом возможность обратной трансформации. При появлении напряжения со стороны ШНН устройство сигнализирует об этом включением соответствующих индикаторов, а также передаёт сигнал о несанкционированном напряжении через каналы телемеханики.

В случае, если напряжение не исчезало, но изменилось направление тока, протекающего на вводе низкого напряжения, т.е. поток мощности стал направлен в сторону силового трансформатора, УСБОТ-ПК выдаст сигнал отключения УКА. Это связано с тем, что направление потока мощности может быть связано с генерацией мощности на стороне 0,4 кВ, превышающей мощность подключенной к линиям 0,4 кВ нагрузки (например, при массовом подключении фотоэлектрических установок у потребителей). Также контроль направления потока мощности позволяет предотвратить случаи обратной трансформации, когда УКА не отключился по признаку исчезновения напряжения и его появления со стороны ШНН. Устройство сигнализирует о факте изменения потока мощности и выполненных действиях по отключению УКА. При необходимости контроля и блокировки несанкционированного напряжения в конкретной отходящей линии дополнительно в данные линии устанавливаются устройства УСБОТ и УКА.

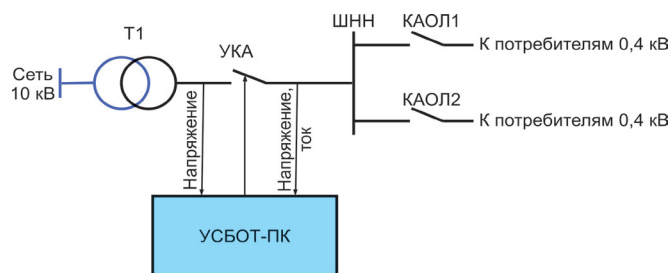


Рис. 1. Пояснения принципов применения УСБОТ:

Т1 – силовой трансформатор 10/0,4 кВ;
УКА – управляемый коммутационный аппарат низкого напряжения трансформаторной подстанции;
ШНН – шины низкого напряжения;
КАОЛ1, КАОЛ2 – коммутационные аппараты отходящих линий 1 и 2 соответственно

Пять УСБОТ (3 УСБОТ-ПК и 2 УСБОТ-ЭМ) работают с 2020 г. в Воронежэнерго. За это время отказов устройств не было. В то же время пока не оценивалась расчётная надёжность разработанных устройств, и такая задача является актуальной для дальнейшего совершенствования способов и устройств предотвращения несанкционированной подачи напряжения.

Цель исследования – оценка надёжности устройств сигнализации и блокировки от обратной трансформации для ТП 10/0,4 кВ, предотвращающих несанкционированную подачу напряжения в сеть 6-10 кВ от сети 0,4 кВ.

Материалы и методы исследования

В ходе исследования использовались методы теории надёжности электронных устройств. Расчеты выполнялись по методике, приведённой в работе [8] для версии устройства УСБОТ-ПК [6, 7], состоящего из следующих компонентов: модуль питания; датчики контроля напряжения, телесигнализации, изменения напряжения, обратной трансформации; схема индикации; релейный модуль; микроконтроллерный модуль; корпус.

Внешний вид УСБОТ-ПК представлен на рис. 2, а пример его монтажа на ТП 10/0,4 кВ – на рис. 3.

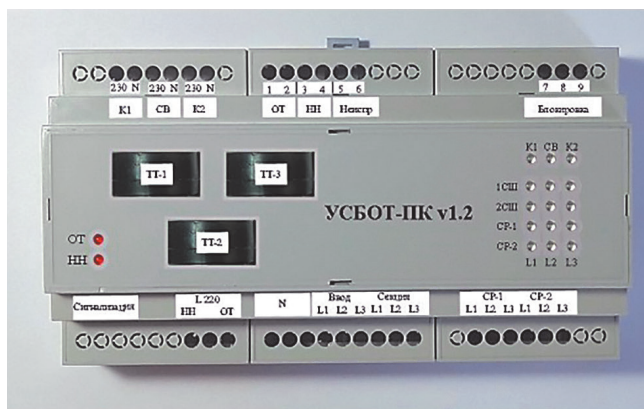


Рис. 2. Внешний вид УСБОТ-ПК

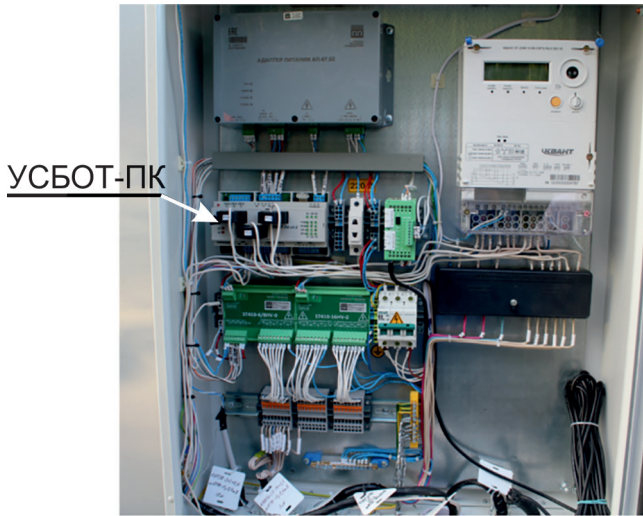


Рис. 3. Шкаф телемеханики на ТП10/0,4 кВ со смонтированным в нём устройством УСБОТ-ПК

Методика расчёта показателей надёжности заключается в следующем. Прежде всего, выполняется расчет коэффициента электрической нагрузки по каждому элементу схемы устройства:

$$K_H = \frac{F_{\text{раб}}}{F_{\text{ном}}}, \quad (1)$$

где $F_{\text{раб}}$ – электрическая нагрузка элемента в рабочем режиме (фактическая нагрузка, берется такая электрическая величина, которая в наибольшей степени влияет на безотказность элемента [8]), Вт;

$F_{\text{ном}}$ – номинальная или предельная нагрузка по техническим условиям, Вт.

На втором этапе определяется максимальная температура элементов, входящих в состав устройства. Для учета влияния температуры на интенсивность отказов элементов λ_{Σ} принимается верхнее предельное значение температуры. Для теплонагруженных элементов (микросхемы, мощные диоды и резисторы) максимальная температура элемента $t_{\text{эл max}}, ^\circ\text{C}$, определяется как

$$t_{\text{эл max}} = (t_{\text{раб max}} + \Delta t_C) + \Delta t_3 = (30 + 10) + 15 = 55, \quad (2)$$

где $t_{\text{раб max}}$ – максимальная (предельная) рабочая температура, $^\circ\text{C}$;

Δt_C – возможное увеличение предельной рабочей температуры, принимается равным $10 ^\circ\text{C}$;

Δt_3 – перегрев в зоне конструкции устройства, в котором гипотетически рассеивается тепловая энергия, выделяемая нагретым элементом, $^\circ\text{C}$.

Для нетеплонагруженных элементов (конденсаторы, резисторы, кварцевые резонаторы) максимальная температура элемента составляет

$$t_{\text{эл max}} = (t_{\text{раб max}} + \Delta t_C) + \Delta t_B = (30 + 10) + 10 = 50, \quad (3)$$

где Δt_B – средний перегрев воздуха внутри конструкции устройства, $^\circ\text{C}$.

На третьем этапе определяется интенсивность отказов всех элементов модуля. Сведения приведены в технических данных элементов или справочной литературе.

Четвертый этап – выбираются математические модели расчета эксплуатационной интенсивности отказов элементов $\lambda_{\Sigma i}$ (по справочным данным).

Например, расчет интенсивности отказов $\lambda_{\Sigma i}$ металлодиэлектрических резисторов, согласно математической модели [8]

$$\Lambda_{\Sigma i} = \lambda_{\Sigma} \cdot K_p \cdot K_r \cdot K_M \cdot K_{\Delta} \cdot K_{\Sigma} \cdot K_n, \quad (4)$$

где λ_{Σ} – базовая интенсивность отказов элементов определенной группы или типа при температуре окружающей среды $+25 ^\circ\text{C}$ и номинальной электрической нагрузке ($K_H = 1$);

K_p – коэффициент режима работы, зависящий от электрической нагрузки (K_H) и температуры корпуса элемента;

K_r – коэффициент, зависящий от номинального сопротивления;

K_M – коэффициент, зависящий от номинальной мощности для металлодиэлектрических резисторов;

K_{Δ} – коэффициент, зависящий от допуска на отклонения сопротивления резистора от номинального значения;

K_{Σ} – коэффициент эксплуатации, зависящий от жесткости условий эксплуатации РЭУ;

K_n – коэффициент приемки, зависящий от степени жесткости требований к контролю качества и правил приемки элементов на производстве.

Для расчета математической модели λ_{Σ} композитных пленочных резисторов (SMD) формула имеет вид

$$\lambda_{\Sigma i} = \lambda_{\Sigma} \cdot K_p \cdot K_r \cdot K_{\Sigma} \cdot K_n. \quad (5)$$

На пятом этапе рассчитываются значения поправочных коэффициентов, которые указаны в формулах по расчету интенсивности отказов элементов.

На шестом этапе рассчитывается произведение всех поправочных коэффициентов, на седьмом – эксплуатационная интенсивность отказов Λ_M методом произведения всех поправочных коэффициентов на справочные величины базовой интенсивности отказов групп элементов и общее количество применяемых элементов в электрической схеме устройства [8].

Суммарную интенсивность отказов устройств в виде электронного модуля Λ_M определяют суммированием прогнозных значений эксплуатационных интенсивностей отказов $\lambda_{\Sigma i}$:

$$\Lambda_M = \sum_{i=1}^N \lambda_{\Sigma i}, \quad (6)$$

где $\lambda_{\Sigma i}$ – эксплуатационная интенсивность отказов i -го элемента (компонента) с учетом электрического режима, условий работы в составе устройства и других функциональных особенностей;

N – количество элементов в устройстве.

На восьмом этапе определяется общая эксплуатационная интенсивность отказов соединений печатной платы. На девятом этапе для расчета эксплуатационной интенсивности отказов устройства Λ_M суммируются интенсивности отказов каждого модуля методом сложения всех рассчитанных на седьмом этапе данных.

Результаты исследований и обсуждение

Результаты расчета безотказности элементов модулей устройства УСБОТ-ПК приведены в табл. 2. В первом столбце указаны наименования элементов, во втором – их число, в третьем столбце ($\lambda_{Бj}$) выбрано значение базовой интенсивности отказов для групп компонентов устройства УСБОТ-ПК на основании справочных данных, представленных в методике. В четвертом столбце ($\Pi_i K_i$) приведены значения произведения поправочных коэффициентов, в пятом ($\lambda_{эjn}$, ч⁻¹) – эксплуатационной интенсивности отказов, рассчитанные по формуле

$$\lambda_{эjn} = (\lambda_{Бj} \cdot \Pi_i K_i) \cdot n_j, \quad (7)$$

где i указывает учитываемый фактор;

j – группа однотипных элементов.

Таблица 2. Расчет эксплуатационной безотказности элементов модулей

Показатели	Число	$\lambda_{Бj} \times 10^{-6},$ ч ⁻¹	$\Pi_i K_i$	$\lambda_{эjn} \times 10^{-6},$ ч ⁻¹
Модуль питания				
Конденсатор электролитический алюминиевый 47 мкФ, 450 В	1	0,173	260,3532	45,0411
Индуктивность для подавления ЭМП	3	0,01	3,68	0,0368
Диод выпрямительный 1А, 1000В [DO-41]	6	0,091	0,290359	0,158536
Резистор 1 кОм, 0,2 Вт	1	0,044	0,518475	0,022813
0,25 Вт, 10 Ом, 1%, чип резистор (SMD)	6	0,034	0,4977	0,101531
Кер. чип конденсатор, 0,1 мкФ, Х7R, 50В, 10%, 1206	1	0,022	0,339085	0,00746
Итого $\lambda_{э} \Sigma$ модуля питания				45,37
Датчик контроля напряжения				
0,25 Вт, 1206, 330 кОм, 1%, чип резистор (SMD)	6	0,034	2,682819	0,547295
0,25 Вт, 1206, 30 кОм, 1%, чип резистор (SMD)	6	0,034	0,503137	0,10264
0,25 Вт, 1206, 1 кОм, 1%, чип резистор (SMD)	6	0,034	0,648472	0,132288
0,25 Вт, 1206, 10 кОм, 1%, чип резистор (SMD)	18	0,034	0,503137	0,30792
0,25 Вт, 1206, 220 Ом, 5%, чип резистор (SMD)	6	0,034	0,495636	0,10111
0,25 Вт, 1206, 240 кОм, 1%, чип резистор (SMD)	24	0,034	3,127706	2,552208
Диод выпрямительный 1 А, 1000 В [DO-41]	6	0,091	0,288294	0,157408
Кер. чип конденсатор, 0,1 мкФ, Х7R, 50В, 10%, 1206	18	0,173	0,339085	1,05591
4,7 мкФ, 450В, 105 °С, 20%, 10×12 мм, Р:5 мм, конденсатор	6	0,173	100,0431	103,8447
LM2903DR, двойной дифференциальный компаратор	3	0,028	21,61411	0,605195
Итого $\lambda_{э} \Sigma$ датчик контроля напряжения				109,41
Датчик телесигнализации				
2 Вт, 100 кОм, 5%, резистор металлооксидный	3	0,044	5,226769	0,689934
0,25 Вт, 240 кОм, 1%, чип резистор	12	0,034	3,355832	1,369179
LM2903DR, двойной дифференциальный компаратор	2	0,028	21,61411	0,605195
0,25 Вт, 10 кОм, 1%, чип резистор	9	0,034	0,503137	0,15396
0,25 Вт, 30 кОм, 1%, чип резистор	3	0,034	0,503137	0,05132

Продолжение табл. 2

Показатели	Число	$\lambda_{Бj} \times 10^{-6},$ ч ⁻¹	$\Pi_i K_i$	$\lambda_{эjn} \times 10^{-6},$ ч ⁻¹
0,25 Вт, 1 кОм, 1%, чип резистор	3	0,034	0,648472	0,066144
0,25 Вт, 330 кОм, 1%, чип резистор	3	0,034	2,682819	0,273648
Диод выпрямительный 1 А, 1000 В [DO-41]	1	0,091	0,288938	0,026293
Кер. чип конденсатор, 0,1 мкФ, Х7R, 50 В, 10%, 1206	9	0,173	0,339085	0,527955
Итого $\lambda_{э} \Sigma$ датчик телесигнализации				3,76
Датчик измерения напряжения				
10 мкФ, 25 В, 105 °С, 20%, 5×11 мм, Р:2 мм, конденсатор электролитический алюминиевый	6	0,173	69,91339	72,5701
Кер. чип конденсатор, 0,033 мкФ, Х7R, 50 В, 10%, 1206	6	0,022	0,296845	0,039184
0,25 Вт, 1 кОм, 1%, чип резистор	12	0,034	0,648472	0,264577
0,25 Вт, 10 кОм, 1%, чип резистор	18	0,034	0,518475	0,317307
Кер. чип конденсатор, 0,1 мкФ, Х7R, 50 В, 10%, 1206	6	0,022	0,339085	0,044759
LM2902D, счетверенный операционный усилитель малой мощности	3	0,028	26,38967	0,738911
Итого $\lambda_{э} \Sigma$ датчик измерения напряжения				73,97
Датчик обратной трансформации				
Микросхема ADE7752AARZ-RL	1	0,043	47,59408	2,046545
10.000 МГц, имп. кварцевый резонатор	1	0,026	12,87839	0,334838
Кер. чип конденсатор, 22мкФ, NPO 50 В, 5%	2	0,022	0,123424	0,005431
0,25 Вт, 100 Ом, 1%, чип резистор	3	0,034	1,143645	0,116652
0,25 Вт, 1 кОм, 1%, чип резистор	11	0,034	0,50738	0,18976
0,25 Вт, 1 МОм, 5%, чип резистор	3	0,034	1,085496	0,110721
470 мкФ, 25 В, 105 °С, 20%, 8×16 мм, Р:3,5 мм, конденсатор электролитический алюминиевый	1	0,173	177,6393	30,7316
10 мкФ, 25 В, 105 °С, 20%, 5×11 мм, Р:2мм, конденсатор электролитический алюминиевый	1	0,173	73,27511	12,67659
Трансформатор тока Т60404-Е4622-Х503	3	0,0019	3,71375	0,021168
10 мкФ, 25 В, 105 °С, 20%, 5×11 мм, Р:2 мм, конденсатор электролитический алюминиевый	1	0,173	73,27511	12,67659
Кер. чип конденсатор, 0,1 мкФ, Х7R, 50 В, 10%, 1206	1	0,022	0,339085	0,00746
Итого $\lambda_{э} \Sigma$ датчик обратной трансформации				58,92
Схема индикации				
Светодиод зеленый 60° d = 3 мм, 30-50 мКд, 565 нм (Green)	15	0,034	0,204472	0,104281
0,25 Вт, 220 Ом, 5%, чип резистор	15	0,034	1,348267	0,687616
74НС595D, 118, 8-битный сдвиговый регистр с выходным регистром-защелкой и тремя состояниями	2	0,023	32,22038	0,741069
Кер. чип конденсатор 0,1 мкФ, Х7R, 50 В, 10%, 1206	2	0,022	0,339085	0,01492
Итого $\lambda_{э} \Sigma$ схемы индикации				1,55
Релейный модуль				
Светодиод красный 60° d = 3 мм, 100 мКд, 660 нм (Red)	2	0,034	0,204472	0,013904

Продолжение табл. 2

Показатели	Число	$\lambda_{Бj} \times 10^{-6},$ $ч^{-1}$	$\Pi_i K_i$	$\lambda_{ЭПj} \times 10^{-6},$ $ч^{-1}$
HFD4/5 (IM03TS) (1-1462037-8), реле 5VDC 2пер. 2A/250VAC	3	0,0304	0,150005	0,01368
NRP05-C-05D, реле 1 пер. 5V / 3A, 250VAC	2	0,0304	0,107876	0,006559
NRP05-A-05D, реле 1 зам. 5V / 5A, 250VAC	1	0,0304	0,106803	0,003247
BCX54-16 транзистор, NPN, 45 В, 1 А, 1,3 Вт [SOT-89]	6	0,044	0,208704	0,055098
1N4148W, диод 150 мА, 100 В	6	0,091	0,288076	0,157289
0,25 Вт, 1 кОм, 1%, чип резистор	6	0,034	0,50738	0,103505
0,25 Вт, 220 Ом, 5%, чип резистор	2	0,034	1,348267	0,091682
Кер. чип конденсатор 0,1 мкФ, X7R, 50В, 10%, 1206	12	0,173	0,339085	0,70394
Итого λ_{Σ} релейного модуля				1,15
Микроконтроллерный модуль				
ATmega32-16AU, микроконтроллер 8-Бит, AVR, 16 МГц, 32 кБ Flash [TQFP-44]	1	0,043	30,17397	1,297481
Кер. чип конденсатор 0,1 мкФ, X7R, 50 В, 10%	2	0,022	0,339085	0,01492
0,25 Вт, 1 кОм, 1%, чип резистор	15	0,034	0,518475	0,264422
Индуктивность для подавления ЭМП	1	0,01	3,68	0,0368
Итого λ_{Σ} микроконтроллерного модуля				1,61
Корпус				
305-031-12(ТВ-02В), клеммник 3-контактный, 5 мм, прямой	13	0,0104	0,880232	0,119007
CWF-6 (DS1069-6 M), вилка на плату 2,5 мм прямая закрытая	2	0,0041	0,960427	0,007876
Пайка волной металлизированных отверстий на печатной плате	816	0,000017	11,0925	0,153875
Итого λ_{Σ} по корпусу				0,28
Эксплуатационная интенсивность отказов всего устройства $\Lambda_{\Sigma}, ч^{-1}$				296,022

Таким образом, эксплуатационная интенсивность отказов всего устройства $\Lambda_{\Sigma}, ч^{-1}$, составила $\Lambda_{\Sigma} = 296,022 \cdot 10^{-6}$.

На десятом этапе, согласно предположению экспоненциального закона надежности, находим расчетные значения показателей безотказности.

Наработка на отказ $T_0, ч$:

$$T_0 = 1/\Lambda_{\Sigma} \approx 3378,13 \text{ ч.} \quad (8)$$

Вероятность безотказной работы $PM(t_p)$ за время $t_p = 1000 \text{ ч}$:

$$PM(t_p) = e^{-t_p/T_0} \approx 0,74, \quad (9)$$

где e – число Эйлера, $e = 2,71828$.

Гамма-процентная наработка до отказа $T_Y, ч$, при $Y = 95\%$:

$$T_Y = -T_0 \cdot \ln(Y/100) = -3378,13 \cdot \ln 0,95 \approx 173,28. \quad (10)$$

Выводы

1. Широкое использование частных электрогенераторов и неверное их подключение, а также другие причины могут приводить к несанкционированной подаче напряжения в сельские электрические сети 0,4 кВ и далее через обратную трансформацию на ТП 10/0,4 кВ – в сеть 10 кВ. Разработано устройство (УСБОТ), осуществляющее сигнализацию и блокировку в случаях несанкционированной подачи напряжения.

2. В процессе выполнения расчетов по определению надежности устройства УСБОТ-ПК были проанализированы принципиальные схемы, функциональные части и перечни элементов, режимы их работы в электрической схеме, составлен перечень типов элементов.

3. Согласно расчётам, устройство имеет хорошие показатели надежности, наработка на отказ – 3378,13 ч. Высокая надёжность УСБОТ-ПК подтверждается безотказной работой устройств, установленных на реальных объектах.

Список использованных источников

1. Лансберг А.А., Панфилов А.А., Виноградов А.В. Анализ возможных способов несанкционированной подачи напряжения в электрических сетях 0,4-10 кВ и последствий от этого // Научный журнал молодых учёных. 2022. № 2 (27). С. 43-50.
2. Виноградов А.В., Лансберг А.А., Виноградова А.В. Определение современных показателей надежности воздушных линий электропередачи 0,4-110 кВ // Агроинженерия. 2023. Т. 25. № 1. С. 77-85.
3. Юдин К.М., Исупова А.М., Какурин Н.В., Лавренова Е.Ю. Анализ причин аварийности электрических сетей напряжением 10 кВ в Северных электрических сетях филиала ПАО «Россети-Юг» Ростовэнерго // Оперативное управление в электроэнергетике: подготовка персонала и поддержание его квалификации. 2023. № 5. С. 17-22. EDN WBFNDJ.
4. Анализ несчастных случаев на энергоустановках, подконтрольных органам Ростехнадзора за 2017 год // szar.gosnadzor.ru: Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор). 2020. URL: <http://dvost.gosnadzor.ru/info/accident/2017/Анализ%20несчастных%20случаев%20на%20энергоустановках.pdf> (дата обращения: 16.04.2020).
5. Бутов А.М. Рынок генераторных установок. М.: НИУ ВШЭ, 2021. 75 с.
6. Виноградов А.В., Виноградова А.В., Большев В.Е. и др. Способ и устройство для предотвращения обратной трансформации на трансформаторных подстанциях 10/0,4 кВ при несанкционированной подаче напряжения в сеть 0,4 кВ // Промышленная энергетика. 2020. № 7. С. 56-62.
7. Виноградов А.В., Виноградова А.В., Бородин М.В. и др. Сигнализация и блокировка от обратной трансформации на ТП 10/0,4 кВ для нужд ПАО «МРСК Центра» (филиала «Воронежэнерго»). Отчёт о выполнении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по договору № 3600/18589/19 от 30 октября 2019 г. Минсельхоз России, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ имени Н.В. Парахина. 2020. 344 с.
8. Боровиков С.М. Расчет показателей надежности радиоэлектронных средств. Минск: БГИУР, 2010. 68 с.

Device for Signaling and Blocking Unauthorized Voltage Supply to a Rural Electrical Network and Its Reliability

A.V. Vinogradov

(FGBNU FNATS VIM)

A.A. Panfilov

(Oryol State Agrarian University)

A.V. Vinogradova

(FGBNU FNATS VIM)

Summary. The article deals with the issues of danger and the main probable causes of unauthorized voltage supply in rural electrical networks. The variants of signaling and blocking devices from reconversion at 10/0.4 kV transformer substations in case of unauthorized voltage supply to the substation buses or to the outgoing 0.4 kV lines are given. The device of the USBOT-PK type meant for signaling and blocking from reconversion is considered and the principles of its application are shown. The calculation of the main reliability indicators of the USBOT-PK device is performed.

Key words: power supply, electrical safety, unauthorized supply of voltage, signaling, blocking, reconversion.

УДК 629.3

DOI: 10.33267/2072-9642-2024-10-44-48

Особенности современного рынка сельскохозяйственной техники

Е.Ф. Малыха,

канд. экон. наук,

доцент кафедры,

efmalykha@rgau-msha.ru

(ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА

имени К.А. Тимирязева»)

Аннотация. Проведен анализ изменения цен на технику, влияния их на конечную продукцию и обеспеченности сельскохозяйственных организаций тракторами и комбайнами по Российской Федерации. Рассмотрены актуальные особенности формирования рынка сельскохозяйственной техники на современном этапе цифровой трансформации аграрного производства и отечественного сельхозмашиностроения, направленные на решение важнейших национальных задач по обеспечению продовольственной безопасности и импортозамещения.

Ключевые слова: АПК, рынок сельскохозяйственной техники, поддержанная техника, трансформация, импортозамещение.

Постановка проблемы

Применение современных технологий при производстве и переработке сельскохозяйственной продукции является основополагающим фактором достижения продовольственной безопасности государства [1-3]. В сложившихся условиях аграрного производства сельскохозяйственная техника продолжает выполнять важную роль вне зависимости от специфики организационных отношений, используемых в отрасли.

Сельскохозяйственное машиностроение – один из ключевых сегментов машиностроительного комплекса с долей в выпуске машин и оборудования в 18,8 %, имеющий для российской экономики двойную ценность [4]. Для достижения целевых индикаторов Доктрины продовольственной безопасности Российской

Федерации и роста объемов выпускаемой сельскохозяйственной продукции особенно актуальной становится поддержка отечественного машиностроения.

Пандемия COVID-19 и наложенные санкции создали серьезные проблемы для международной торговли, включая экспорт и импорт сельскохозяйственной продукции и техники. Ограничения в перемещениях, закрытие государственных границ и введение карантинных мероприятий усложнили взаимодействие на мировом рынке. Это привело к увеличению затрат на транспортировку и логистику, а также к задержкам в поставках. Санкции также ограничивают доступность запасных частей, ряда комплектующих и материалов, необходимых для производства сельскохозяйственной техники. Всё это, в свою очередь, приводит к проблемам с поставками и росту цен при использовании и поддержании сельскохозяйственной техники в работоспособном состоянии.

Для того чтобы преодолеть эти трудности и обеспечить стабильность поставок и доступность сельскохозяйственной техники, государству и производителям техники необходимо искать новые пути сотрудничества и развития. Сельхозтоваропроизводители оказались в условиях, когда транспортировка товаров стала сложной и дорогостоящей, а доступ к зарубежным рынкам закрыт [5].

Тенденции формирования рынка сельскохозяйственной техники отражают низкий спрос на отечественную технику, связанный с низкой платёжеспособностью сельхозтоваропроизводителей и, как следствие, отсутствие возможности осуществлять расширенное воспроизводство за счет собственных средств. На протяжении многих лет диспаритет цен

на промышленную сельскохозяйственную продукцию остается одним из сдерживающих факторов эквивалентного обмена в аграрном производстве. В условиях внешнеэкономических трудностей, ограничений в перемещении капитала из одной сферы материального производства в другую и ряда негативных проблем назрела необходимость конкретных изменений в вопросах формирования рынка техники [6].

В качестве основных проблем аграрного производства можно выделить рост цен на самоходную и прицепную технику, автомобили, топливо-смазочные материалы, высокую стоимость запасных частей, комплектующих узлов и агрегатов и увеличение сроков их поставки, а также повышение затрат, связанных с простоем техники, что ставит под угрозу финансовую стабильность сельхозтоваропроизводителей. Ситуация требует от государства более активных мер поддержки, в том числе субсидирования затрат на покупку ТСМ, льготного кредитования и др.

Проблемы расширенного воспроизводства средств производства и эффективного использования материально-технической базы сельскохозяйственного производства рассматриваются в трудах многих известных ученых [7, 8]. Изучение особенностей формирования рынка сельскохозяйственной техники, темпов его обновления, а также разработка мер государственной поддержки агропромышленного комплекса и сельхозмашиностроения в целях сохранения продовольственной безопасности страны остаются актуальными направлениями.

Цель исследования – выявление особенностей формирования рынка сельскохозяйственной техники в современных условиях цифровой

трансформации агропромышленного комплекса.

Материалы и методы исследования

При проведении исследований использовались статистические данные Минсельхоза России, Росстата, материалы исследований региональных научных и учебных заведений соответствующего профиля, данные производителей и дилеров сельскохозяйственной техники и оборудования, собственных исследований на основе статистических данных.

Применялись различные методы статистического анализа с использованием современной информационной базы отдельных региональных агропромышленных формирований, математический анализ с применением компьютерной техники и пакета программного продукта Microsoft Office Excel.

Результаты исследований и обсуждение

По данным исследования Международной консалтинговой компании «Яков и Партнёры», в декабре 2023 – январе 2024 г. проведено анкетирование 98 сотрудников (директора, главные специалисты) крупных (более 20 тыс. га) сельхозтоваропроизводителей. Часть респондентов отметили возросшую более чем в 2 раза (с 19 до 44%) сложность, связанную с покупкой сельскохозяйственной техники и запасных частей, по сравнению с 2023 г.

Наибольшие проблемы с закупкой наблюдаются в сегменте тракторов и комбайнов (отметили 89 и 81% респондентов соответственно). Агроarii начали активно перестраивать взаимоотношения с поставщиками и искать новых партнеров. Каждый третий сельхозтоваропроизводитель столкнулся с нарушением договоров, невыполнением обязательств по ним или срывом при заключении новых договоров. Причины таких ситуаций – повышение цен на сельскохозяйственную технику (84% респондентов) и увеличение сроков поставок (практически каждая вторая опрошенная организация – 46%).

Сельхозтоваропроизводители отмечают нехватку работоспособной техники как один из главных рисков бесперебойного процесса производства. При производстве продукции растениеводства низкая обеспеченность техникой стала вторым по важности фактором, влияющим на уборку урожая, после природно-климатических и погодных условий.

Растущие расходы на эксплуатацию и поддержание техники в работоспособном состоянии, которые оказывали влияние на агробизнес в 2023 г., – 31% опрошенных. На первом месте среди проблем аграрного производства с большим удельным весом преобладают низкие цены на сельскохозяйственную продукцию (65%), на втором – стоимость ТСМ (36%).

Результаты проведенного в 2017–2023 гг. исследования отражают динамичные изменения ценовых пропорций между секторами АПК. В течение всего рассматриваемого периода и настоящее время происходит постоянное удорожание продукции сельхозмашиностроения и запасных частей к ней. Диспаритет цен, сложившийся в АПК, негативно влияет на рентабельность и конкурентоспособность сельскохозяйственных предприятий, усложняя их деятельность.

Данные, представленные Национальным агентством промышленной информации (НАПИ), позволяют сделать вывод о динамике цен на новую и поддержанную сельскохозяйственную технику. В I квартале 2024 г. средние цены на новую сельхозтехнику выросли на 9,1% по сравнению

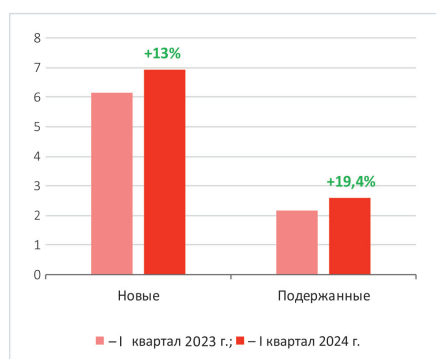
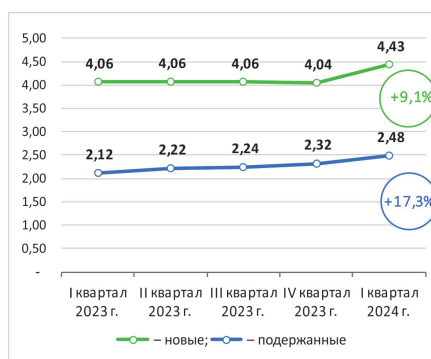
с I кварталом 2023 г. и составили 4,4 млн руб. Средние цены на поддержанную сельхозтехнику за год выросли на 17,3% и достигли 2,5 млн руб. (см. рисунок).

Значительный рост цен на сельскохозяйственную технику стал следствием резкого удорожания производства металла, выросли цены на разные наименования комплектующих, создавая ситуацию, когда доходы сельхозтоваропроизводителей от продаж продукции перестали покрывать расходы на приобретение необходимой техники.

По-прежнему остается низким уровень технического обеспечения АПК по сравнению с анализируемыми показателями развитых стран. За пределами установленного амортизационного срока эксплуатируется 73% тракторов, 59% зерно- и 56% кормоуборочных комбайнов. В результате ежегодно теряется до 10–15% урожая [9].

Анализ данных подтверждает тенденцию количественного снижения парка тракторов и комбайнов в сельском хозяйстве Российской Федерации за период с 2020–2022 гг., отражая невысокий спрос, связанный с низкой прибыльностью деятельности сельхозтоваропроизводителей (табл. 1) [10].

По данным табл. 2 видно, что энерговооруженность в аграрном секторе Российской Федерации различается по округам и находится в пределах 85–272 л.с. на 100 га пашни, а рассчитанная только по тракторам (без учета тракторов, оснащенных спецоборудованием) – в пределах 26–85 л.с.



Динамика средних цен на новую и поддержанную сельхозтехнику (а), новые и подержанные тракторы (б), млн руб.

Таблица 1. Обеспеченность сельскохозяйственных организаций тракторами и комбайнами по Российской Федерации в 2020-2022 гг.

Показатели	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Число тракторов на 1000 га пашни	3	3	3
Площадь пашни на 1 трактор, га	349	363	372
Приходится на 100 тракторов, шт.:			
плугов	28	28	28
культиваторов	40	40	39
в том числе комбинированных агрегатов	5	5	5
борон	242	228	216
сеялок	41	41	40
Число комбайнов на 1000 га посевов (посадки) со- ответствующих культур:			
зерноуборочных	2	2	2
кукурузоуборочных	0	0	0
картофелеуборочных	15	14	14
льноуборочных	9	13	13
свеклоуборочных (без ботвоуборочных)	2	2	2

Таблица 2. Суммарные мощности и общее количество тракторов, включая специальные, в Российской Федерации

Федеральный округ	Суммарная энергетическая мощность (все тракторы, комбайны, автомобили), л.с.	Общая энерго-вооруженность на 100 га пашни (все тракторы, комбайны, автомобили), л.с.	Энерго-вооруженность на 100 га (тракторы без учета специальных), л.с.	Средняя мощность единицы тракторного парка (с учетом специальных тракторов), л.с.
Центральный	23 288 312	143	44	153
Северо-Западный	3 590 410	272	85	129
Южный	16 291 675	120	37	139
Северо-Кавказский	4 827 911	108	35	142
Приволжский	23 051 901	94	31	145
Уральский	4 882 976	94	31	148
Сибирский	12 516 641	85	26	152
Дальневосточный	2 415 464	110	38	162
По Российской Федерации	90 865 292	110	35	146

Таблица 3. Показатели обновления сельскохозяйственной техники

Федеральный округ	Количество тракторов на 1000 га (без учета тракторов со спецоборудованием), шт.	Приобретено в 2022 г. новых тракторов (без учета специальных), шт.	Списано в 2022 г. тракторов по причине износа (без учета специальных), шт.	Коэффициент обновления (приобретено к наличию на конец года), %
Центральный	2,87	1 855	1 024	4,0
Северо-Западный	6,59	419	206	4,8
Южный	2,69	1 635	954	4,5
Северо-Кавказский	2,44	378	235	3,5
Приволжский	2,14	2 219	1 739	4,2
Уральский	2,08	398	232	3,7
Сибирский	1,72	1 101	687	4,3
Дальневосточный	2,33	171	225	3,3
По Российской Федерации	2,39	8 176	5 302	4,2

В России на 1000 га пашни приходится в среднем 3 трактора, в Германии – более 60, в США – 25, Белоруссии – 9 тракторов (табл. 3).

Согласно данным Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии, тракторы общего назначения и универсально-пропашные относятся к пятой группе в классификаторе основных средств, включаемых в амортизационные группы, и относятся к имуществу со сроком полезного использования свыше 7 лет до 10 лет включительно. Исходя из этого, согласно данным табл. 2, при имеющихся значениях коэффициентов обновления в диапазоне от 3,3 до 4,8 по различным округам каждый трактор должен работать не меньше 20-30 лет, чтобы общий парк, занятый в аграрном секторе, не уменьшался. В настоящее время почти 70% тракторного парка находится за пределами срока амортизации, прогнозируется его дальнейшее количественное снижение, а также увеличение дефицита техники. Это подтверждает необходимость действенной поддержки со стороны государства процесса технического перевооружения сельскохозяйственного производства и увеличения парка сельскохозяйственной техники [11].

Особенность формирования рынка сельскохозяйственной техники, связанная с опережающими темпами выбытия по сравнению с темпами приобретения новой техники, влечет сокращение технического потенциала аграрного производства. Это приводит к необходимости новых мер поддержки отечественного сельхозмашиностроения, способствующих росту количества единиц сельскохозяйственной техники и перевооружению производства.

На прошедшем X Российском агротехническом форуме (03.10.2023) президент ассоциации «Росспецмаш» К. Бабкин отметил, что рост рынка сельскохозяйственной техники в денежном выражении по отношению к аналогичному периоду 2021-2022 гг. составил 41%, производства – 24%. Однако доля российской техники на внутреннем рынке

по сравнению с показателем 2022 г. снизилась на 6,5%, составив 53,2%, а импорт вырос на 63%, достигнув 162,6 млрд руб. Продолжал расти экспорт (+12%). Производство иных видов сельхозтехники значительно сокращается. В целях преодоления сложившихся трудностей сельхозтоваропроизводителей и повышения их технического потенциала государство приняло ряд мер финансовой поддержки.

Ключевыми факторами, определяющими текущее положение отрасли, признаны недостаточный уровень таможенно-тарифной защиты (уровень связывания ВТО 5%), значительное увеличение импорта китайской сельхозтехники (в большей степени тракторов и зерноуборочных комбайнов – в 2,5 раза), низкая база 2022 г., когда изменились логистические цепочки в связи с приостановлением или сокращением поставок сельхозтехники, снижение господдержки сельхозмашиностроения, оказываемой по постановлению Правительства России от 27 декабря 2012 г. № 1432 «Об утверждении Правил предоставления субсидий производителям сельскохозяйственной техники» (далее – постановление № 1432), с 8 до 2 млрд руб., что способствовало снижению показателей внутреннего производства – сокращению доли рынка и темпов модернизации.

В условиях сокращения финансирования рост импорта сельхозтехники в январе-августе 2023 г. по сравнению с 2022 г. наблюдался в таких сегментах, как комбайны (в 5,7 раза), тракторы (+40%), плуги (+16%), опрыскиватели (+17%), пресс-подборщики (45%).

Отечественные производители техники сталкиваются с рядом сдерживающих внутренних факторов, влияющих на их деятельность. Серьезной проблемой является рост затрат производства из-за увеличения себестоимости комплектующих изделий, цен на сырье и материалы, а также расходов на исследования и разработки новых технологий. Рост ключевой ставки Центробанка и стоимости заемных средств уменьшает доступность кредитных ресурсов. Все

это приводит к снижению конкурентоспособности отечественных производителей. Однако отечественное сельхозмашиностроение продолжает инвестировать в строительство современных производственных мощностей, производство новых компонентов, крупных узлов и других элементов.

В настоящее время на повестке дня стоят вопросы цифровизации производства, проектирования техники и ее стандартизации для увеличения эффективности производства, улучшения конкурентоспособности отечественных производителей на международном рынке и обеспечения национальной продовольственной безопасности [12–14]. Ориентиры развития сельскохозяйственного машиностроения России на период до 2030 г.: увеличить производство на 57% (до 471 млрд руб.), долю российской техники на внутреннем рынке – на 27% (до 80%), экспорт – в 5 раз (до 100 млрд руб.).

Для развития сельского хозяйства государству необходимо создать определенные экономические условия. Например, установить процентные ставки на уровне 0–1%, сделав доступными кредиты. Кроме того, способствовать увеличению объемов льготных перевозок сельхозпродукции по железной дороге, гарантировать сельхозтоваропроизводителям минимальные цены на сельхозпродукцию на внутреннем рынке в целях дальнейшей переработки, а также увеличить объем страхования урожая и снизить страховые взносы.

Существует несколько способов обновления сельскохозяйственной техники. Один из них – приобретение техники с помощью льготного кредита под 4–5%. Другой вариант – участие в мероприятиях по постановлению № 1432, когда производители предлагают технику со значительной скидкой. При этом размер скидки варьируется. Например, в 2020 г. она составляла 10–15%. Наконец, еще один вариант – приобретение техники в лизинг. В условиях конкуренции в сельском хозяйстве возможность взять в лизинг современные ресурсы

позволяет сельхозорганизациям совершенствовать производственные процессы и повышать качество производимой продукции.

Важное место в обеспечении техникой сельхозтоваропроизводителей принадлежит АО «Росагролизинг», которое в 2020 г. поставило отечественным аграриям свыше 9,6 тыс. ед. техники на сумму около 40 млрд руб. Со стороны сельхозтоваропроизводителей существует значительный интерес к услугам, предоставляемым АО «Росагролизинг», активно растет потребность в современном оборудовании и технике. Компания предлагает разнообразные программы, отвечающие требованиям и запросам клиентов, с гибкими условиями и доступностью финансирования, создавая возможности для развития аграрного производства. В результате спрос на лизинговые услуги остается высоким, а многие сельхозпроизводители рассматривают их как способ реализации целей и достижения успехов в своей деятельности.

По программе федерального лизинга АО «Росагролизинг» работает только с техникой, произведенной на территории Российской Федерации, что помогает поддерживать отечественных сельхозмашиностроителей. В 2022 г. компания реализовала проект с Петербургским тракторным заводом, который предложил владельцам старых «Кировцев» выгодные условия лизинга, включая возможность приобретения техники без авансового платежа.

Выводы

1. Анализ развития рынка сельскохозяйственной техники в России позволяет сделать вывод о том, что после значительной девальвации рубля и изменения государственной политики в отношении АПК рынок сельскохозяйственной техники начал активно развиваться в направлении поставок отечественной техники. Импортная техника стала значительно дороже, а реализация государственных стимулирующих программ обеспечивает преимущества отечественным сельхозтоваропроизводителям.

2. Для повышения технического обеспечения и продуктивности сельского хозяйства необходимо стимулировать и активизировать научно-исследовательские работы в области агрономии, мелиорации, земледелия и животноводства, результаты исследований оперативно реализовывать на практике посредством модернизации технической базы АПК.

3. Необходимо разрабатывать отечественные инновационные технологии, учитывая присущие регионам страны особенности климатических и почвенных условий, сосредоточить усилия на активизации сельскохозяйственного машиностроения и производстве специализированной техники, снизив зависимость от импорта.

Список

использованных источников

1. **Лобачевский Я.П., Дорохов А.С.** Цифровые технологии и роботизированные технические средства для сельского хозяйства // С.-х. машины и технологии. 2021. Т. 15, № 4. С. 6-10. DOI 10.22314/2073-7599-2021-15-4-6-10. EDN YFRZDV.
2. **Нечаев В.И., Михайлушкин П.В., Колязина Е.В.** Новая индустриализация агропромышленного комплекса России как основа импортозамещения в современных геополитических условиях // Экономика, труд, управление в сел. хоз-ве. 2022. № 11(93). С. 54-62. DOI 10.33938/2211-54. EDN FLTQTL.

3. **Черноиванов В.И.** Модернизация инженерно-технической системы сельского хозяйства. М.: ФГНУ «Росинформагротех». 2010. 412 с.

4. **Федотов А.В., Маслова В.В.** Развитие рынка сельскохозяйственной техники в условиях политики импортозамещения и экспортоориентированной экономики // АПК: экономика, управление. 2019. № 5. С. 57-65. DOI 10.33305/195-57. EDN KEKKDX.

5. **Кузьмин В.Н.** Оценка машинно-тракторного парка в сельском хозяйстве Российской Федерации // Экономика сел. хоз-ва России. 2024. № 5. С. 8-15. DOI 10.32651/245-8. EDN UCGZFX.

6. **Веселовский М.Я., Федотов А.В., Фатдаков Р.В., Усатова Л.В.** Проблемы развития регионального машиностроения в контексте необходимости импортозамещения // Вестник МГОУ. Серия: Экономика. 2023. № 2. С. 59-70. DOI 10.18384/2310-6646-2023-2-59-70. EDN KTHWWH.

7. **Косов П.Н., Чутчева Ю.В.** Воспроизводство машинно-тракторного парка аграрного сектора в условиях ESG-трансформаций // Экономика сел. хоз-ва России. 2022. № 9. С. 25-30. DOI 10.32651/229-25. EDN UWWXZX.

8. **Водяников В.Т., Субаева А.К.** Проблемы воспроизводства технического потенциала сельского хозяйства // Сельский механизатор. 2020. № 12. С. 2-4. EDN SOVVQG.

9. **Бурак П.И., Голубев И.Г.** Обновление парка сельскохозяйственной техники

в рамках ведомственного проекта «Техническая модернизация агропромышленного комплекса // Техника и оборудование для села. 2023. № 7(313). С. 2-7. DOI 10.33267/2072-9642-2023-7-2-7. EDN JZCGZX.

10. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения 12.08.2024).

11. **Черноиванов В.И., Денисов В.А., Катаев Ю.В., Соломашкин А.А.** Новая стратегия технического обслуживания и ремонта машин // Техника и оборудование для села. 2021. № 9(291). С. 33-36. DOI 10.33267/2072-9642-2021-9-33-36. EDN DQBNRT.

12. **Гольяпин В.Я., Федоренко В.Ф., Мишуров Н.П.** Основные направления создания автономных (беспилотных) тракторов // Техника и оборудование для села. 2023. № 12(318). С. 2-7. DOI 10.33267/2072-9642-2023-12-2-7. EDN OHBBHN.

13. **Малыха Е.Ф.** Актуальные проблемы технического сервиса зарубежной техники // Известия Междунар. акад. аграрного образования. 2015. № 25-1. С. 120-122. EDN UZBWIX.

14. **Катаев Ю.В., Малыха Е.Ф.** Экономическое обоснование оптимального состава машинно-тракторного парка в растениеводстве // Экономика сел. хоз-ва России. 2019. № 3. С. 76-80. DOI 10.32651/193-76. EDN ZADZMD.

The Features of the Modern Agricultural Machinery Market

E.F. Malykha

(RGAU – MSHA named after K.A. Timiryazev)

Summary. The article deals with the changes in prices for equipment, their impact on the final products and the supply situation at the agricultural organizations with tractors and combines in the Russian Federation. The particularities of the formation of the agricultural machinery market at the current stage of digital transformation of agricultural production and domestic agricultural machinery are considered taking into account the necessity to tackle the most important national tasks of ensuring food security and import substitution.

Key words: agro-industrial complex, agricultural machinery market, used machinery, transformation, import substitution.

