

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н.И. Вавилова»
Институт инженерии и робототехники**

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ С
МЕЖДУНАРОДНЫМ
УЧАСТИЕМ ИМЕНИ А. Ф. УЛЬЯНОВА**

**«ИННОВАЦИОННОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО
КОМПЛЕКСА»**

**г. Саратов
2025**

УДК 631.3/5

ББК 40.7

И66

Рецензенты:

Заместитель генерального директора ООО «Агросоюз-Маркет»,

доктор технических наук, профессор

Протасов А.А.

Профессор кафедры «Техническое обеспечение АПК» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего

образования «Саратовский государственный университет генетики,

биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова», доктор технических наук,

доцент

Старцев А.С.

И66 Инновационное техническое обеспечение агропромышленного комплекса: Материалы научно-технической конференции с международным участием имени А.Ф. Ульянова / Под редакцией Г.Е. Шардиной – Саратов: Вавиловский университет, 2025. – 263 с.

ISBN 978-5-7011-0892-7

В статьях рассмотрены общетеоретические и прикладные вопросы агротехники выращивания сельскохозяйственных культур, эксплуатации техники и оборудования, восстановления узлов и деталей, диагностирования и технического обслуживания машинно-тракторного парка, применения цифровых технологий в сельском хозяйстве, совершенствования конструкции сельскохозяйственной техники, результаты современных исследований специалистов в растениеводстве и животноводстве, а также иные вопросы сельского хозяйства.

Материалы изданы в авторской редакции

УДК 631.3/5

ББК 40.7

© Вавиловский университет, 2025

© Авторы статей, 2025

© ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

«ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА»

В.М. Бойков, Е.С. Нестеров, С.В. Старцев, А.В. Павлов

Исследование технологических свойств почвы после уборки зерновых 8
культур.....

В.В. Васильчиков, А.С. Беляева, А.А. Богомолова, А.М. Никитина
Обоснование выбора устройства автоматизированного контроля режимных
параметров фронтальных погрузчиков периодического 15
действия.....

***П.А. Горбушин, Е.А. Васильева, Р.Ш. Биккулов, А.А. Борисов, А.И.
Фатъкин.***
Конструкция, условия работы и причины потери работоспособности лап 20
культиваторов.....

Д. Г. Клиничкин, В.И. Коновалов
Сравнительный анализ операций лущения и дискования почвы и 27
перспективы развития дисковых орудий

Ю.А. Коцарь, Кабанов О.В., Э.Ю. Мизюрова, Е.Н. Чернова
Результаты внутризаводских испытаний самоходного энергетического 31
модуля с гидрообъемной трансмиссией.....

Ю.А. Коцарь, О.В. Кабанов
Перспективы и проблемы современного отечественного 41
тракторостроения.....

Д.А. Кочкудан, С.А. Кочкудан, С.И. Коновалов
Сравнительная агротехнологическая оценка дисковых 49
почвообрабатывающих орудий.....

А.В. Левченко, Н.А. Андреев, Левченко Г.В., А.П. Абазин
Выбор рабочего органа для обрезки растительных остатков в тепличных 53
комбинатах.....

С.А. Макаров, А.С. Берёзкин, И.В. Шишкин
Методы гранулирования органических удобрений..... 59

А.М. Марадудин, П.И. Павлов
Обзор технических средств для локального внесения органических 62
удобрений.....

Е.В. Мищенко, Е.А. Толубеев
Современное применение кулачковых механизмов и их место в
машиностроении..... 70

П.И. Павлов, Е.Е. Демин, А.В. Никулин, Д.С. Гиевой	
Технологическая схема формирования субстратных блоков из растительных смесей для выращивания грибов.....	81
П.И. Павлов, А.А. Леонтьев	
Конструктивно-технологические схемы питателей погрузчиков непрерывного действия для корнеклубнеплодов.....	86
П.И. Павлов, В.А. Курунин	
Результаты экспериментальных исследований устройства для очистки транспортерных лент.....	92
А.С. Старцев, С.В. Ериков, Р.А. Подгорнов	
Влияние качественных показателей уборки подсолнечника на хранение вороха.....	96
А.С. Старцев, К.В. Иксанов, Р.А. Подгорнов	
Обзор факторов, влияющих на потери зерна за воздушно-решётной очисткой.....	102
С.В. Старцев, А.В. Павлов, Е.С. Нестеров	
Оценка эксплуатационно-технологических показателей загонных плугов к тракторам тягового класса 5.....	110
А.А. Трухачев, К.А. Сохт, А.Э. Богус	
Повышение технологической надежности дисковых борон: анализ причин забивания и конструктивные решения.....	119
С.В. Фокин, О.Н. Шпортько	
Об апробации устройства для измельчения отходов лесозаготовки.....	123
С.В. Фокин, О.Н. Шпортько	
О характеристиках древесного топлива и теплотворного оборудования мини-котельных.....	128
Р.Б. Ширванов	
Пути совершенствования конструкции посевной техники в условиях юга Поволжья и запада Казахстана.....	134
Е.М. Юдина	
Перспективы использования нулевой обработки почвы	144
С.А. Яковлев, Е.В. Сидоров, Б.В. Кузнецов	
Самозатачивающиеся ножи роторных косилок.....	150

«ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН»

A.B. Бирюков, A.B. Сидоренко, E.A. Миронова, E.E. Кабиев, H.A. Найденков

154

Исследование износостойкости композиционных хромовых покрытий....

E.H. Миркина, O.B. Михеева

158

Типы кавитации.....

E.H. Миркина, O.B. Михеева

162

Применение аксиально-поршневого гидропривода в сельскохозяйственных машинах.....

O.B. Михеева, E.H. Миркина

166

Виды аксиально-поршневых гидромашин.....

C.A. Шишиурин, A.D. Исаев

170

Исследование влияния эксплуатационных загрязнений на удельную проводимость и диэлектрическую проницаемость масел в гидросистемах тракторов.....

C.A. Шишиурин, A.A. Меденко, И.М. Уваров, E.A. Миронова

175

Обоснование количества специалистов инженерной службы дилерских организаций сельскохозяйственной техники.....

«ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И РОБОТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ»

Н.П. Кондратьева , К.М. Ложкин Р.Г. Большин

178

Цифровые устройства релейной защиты и автоматики.....

B.K. Корнеева, B.M. Капцевич, A.I. Цымбалюк, A.B. Макаревич

186

Оценка зон масляного пятна на хроматограммах с использованием плагина *RADIAL PROFILE* программного комплекса *IMAGEJ*.....

«ДИАГНОСТИКА И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА»

Ю.В. Комаров, С.Ю. Кусмарцев, И.Ю. Тюрин, Н.В. Хитрова

192

Диагностика топливной аппаратуры по температуре выхлопных газов....

Ю.В. Комаров, A.A. Слюняев, И.Ю. Тюрин, Н.В. Хитрова

197

Анализ отказов дизельных двигателей.....

«ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ»

Р.Г. Большин, Н.П. Кондратьева

Управление продуктивностью КРС светодиодной системой освещения.... 204

Д. Н. Гиляжева, С.В. Чумакова, Н.В. Любезнова

Производство электрического оборудования в Саратовской области: тенденции развития, влияние на АПК 211

А.Г. Сагингали, А.С. Ибраев, Г.С. Гумаров

Практические инструменты улучшения, анализа и оценки эффективности мероприятий по охране труда *распределительного электросетевого предприятия*..... 216

«ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ»

П.А. Горбушин, В.В. Сафонов, С.А. Шишурин, Р.В. Вольсков, Миронова Е.А

Поликомпозиционное гальваническое хромирование как способ получения заданных свойств покрытия режущих элементов уборочных машин..... 223

В.В. Сафонов, Д.В. Курдюков, К.В. Сафонов, Е.А. Казарин, Д.А.

Потапов, С.С. Кочетков

Исследование влияния порошкообразной добавки к моторному маслу на состояние уплотнительных устройств двигателя..... 230

С.А. Шишурин, Д.С. Маяков, Е.А. Миронова

Совершенствование технологии очистки дизельного топлива при заправке автотракторной техники..... 238

«АГРОНОМИЯ»

Л.О. Канда

Хранение семян сельскохозяйственных культур посредством ультразвуковых технологий..... 244

Т.В. Соромотина

Влияние электростимуляции на урожайность зеленого лука при выгонке в зимний период в «Агрофирма Усадьба» Пермского края..... 249

T.B. Соромотина, Е.В. Ташкинов

Влияние густоты посадки на структуру урожайности и качество продукции
дыни при выращивании в Среднем Предуралье..... 255

«ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА»

Научная статья

УДК: 631.58

В.М. Бойков, Е.С. Нестеров, Старцев С.В., Павлов А.В.

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ ПОСЛЕ УБОРКИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Аннотация. Проведен анализ климатических условий Саратовской области в весенне-летний период 2024 г., который позволил установить среднюю дневную температуру воздуха и скорость ветра, количество осадков. Установлено, что в этот период в регионе были экстремальные климатические условия. Максимальная дневная температура воздуха составляла 37 °С, максимальное количество атмосферных осадков – 57 мм, максимальное значение средней скорости ветра – 4 м/с. Произведены исследования технологических свойств почвы на производственных полях хозяйств (ИП Глава К(Ф)Х Лукьянов О.Н., ООО «Земля», СПК «СХА Алексеевская») Энгельсского и Базарно-Карабулакского районов Саратовской области после уборки ячменя и яровой пшеницы. Установлено, что исследуемые поля практически полностью были покрыты сетью трещин, которые имели 4-х и 6-ти угольные формы. Выполнены замеры глубины и ширины трещин, и определены размеры фрагментов растресканного слоя почвы на поверхности полей. Глубина трещин доходила до 70 см, при этом ширина их составляла 2...6 см, размер ячеек сетки трещин – 30...70 см. Выявлено, что при вспашке исследуемых полей, покрытых трещинами, в осенний период серийными лемешно-отвальными плугами пахотный слой крошился на комья больших размеров, что не соответствовало АТТ (не более 5 см), предъявляемым к основной обработке почвы.

Ключевые слова: температура воздуха, скорость ветра, осадки, почва, сеть трещин, основная обработка почвы, комья.

V.M. Boykov, E.S. Nesterov, S.V. Startsev, A.V. Pavlov

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

RESEARCH OF THE TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF SOIL AFTER HARVESTING GRAIN CROPS

Annotation. An analysis of the climatic conditions of the Saratov Region for the spring-summer period of 2024 was conducted, which made it possible to determine the average daily air temperature, wind speed, and precipitation amount. It was established that the region experienced extreme climatic conditions during this period. The maximum daytime air temperature was 37 °C, the maximum amount of precipitation was 57 mm, and the maximum average wind speed was 4 m/s. Studies of the technological properties of the soil were conducted in the production fields of farms (Individual Entrepreneur Head of the K(F)H Lukyanov O.N., OOO "Zemlya", SPK "SKhA Alekseevskaya") in the Engels and Bazarno-Karabulaksky districts of the Saratov Region after harvesting barley and spring wheat. It was established that the studied fields were almost completely covered with a network of cracks, which had 4- and 6-angle shapes. Measurements were taken of the depth and width of the cracks, and the sizes of fragments of the cracked soil layer on the field surface were determined. The depth of the cracks reached 70 cm, while their width was 2...6 cm, the size of the crack mesh was 30...70 cm. It was found that when plowing the studied fields covered with cracks in the autumn period with serial moldboard plows, the arable layer crumbled into large clods, which did not correspond to the ATT (no more than 5 cm) required for primary tillage.

Keywords: air temperature, wind speed, precipitation, soil, crack network, primary tillage, clods.

Цель исследований – подтвердить и установить технологические свойства почвы после уборки урожая зерновых культур.

Исследования технологических свойств почвы после уборки урожая зерновых культур проводились в 2024 году на полях ИП Глава К(Ф)Х Лукьянов О.Н., ООО «Земля» и СПК «СХА Алексеевская».

Хозяйства ИП Глава К(Ф)Х Лукьянов Н.Н. и ООО «Земля» расположены на Левобережье Саратовской области в северной части Энгельсского муниципального района, а СПК «СХА Алексеевская» – в северной части Правобережья Саратовской области, на Приволжской возвышенности.

Почвы в исследуемых хозяйствах Энгельсского района были темно-каштановые суглинистые, чернозем суглинистый, а в хозяйстве Базарно-Карабулакского района – черноземы солонцеватые, черноземы обыкновенные.

Анализ климатических условий Саратовской области позволил установить, что в период с мая по август средняя дневная температура воздуха находилась в пределах от 19 до 30 °C. Однако, были дни, когда дневная

температура воздуха доходила до 35-37 °C (рис. 1). При этом скорость ветра изменялась от 4 до 3,6 м/с (рис. 2) [1,8].



Рисунок 1. Дневная температура воздуха в Саратовской области (май-август)



Рисунок 2. Средняя скорость ветра в Саратовской области (май-август)

В июне 2024 г. выпал сильный дождь, количество осадков в этом месяце составило 57 мм. В мае, июле и августе дожди были слабые, количество осадков в эти месяцы составило от 6 до 13 мм (рис. 3) [1,8].



Рисунок 3. Количество осадков и дождливых дней в Саратовской области (май-август)

В конце августа 2024 г. после уборки с.-х. культур были проведены исследования технологических свойств почвы после уборки ячменя и яровой пшеницы визуально было установлено, что поле практически полностью покрыто трещинами (рис. 4).

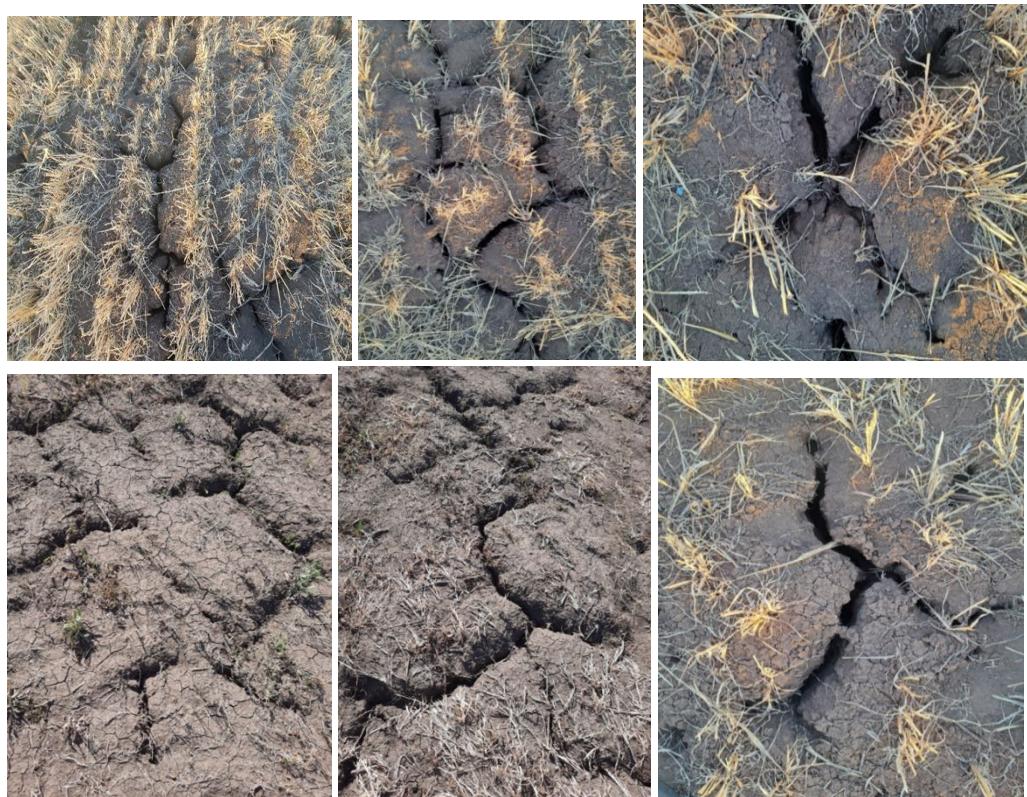


Рисунок 4. Поле после уборки ячменя и яровой пшеницы

На этих полях были выполнены замеры глубины и ширины трещин (рис. 5), а также определены размеры фрагментов растресканного слоя почвы на поверхности поля (рис. 6).



Рисунок 5. Замер глубины и ширины трещин



Рисунок 6. Замер фрагментов растресканного слоя почвы на поверхности поля после уборки ячменя и яровой пшеницы

Поверхность почвы была покрыта сетью трещин, которые имели 4-х и 6-ти угольные формы. Глубина трещин доходила до 70 см, при этом ширина их составляла 2...6 см, размер ячеек сетки трещин – 30...70 см. Результаты исследований приведены в таблице 1, из которой видно, что в период с мая по август были достаточно экстремальные климатические условия [1,8].

Таблица 1

Результаты исследований почвы на поле после уборки зерновых культур

Наименование показателя	Значение показателя
Глубина трещин на поле, см	40...70
Ширина трещин на поле, см	2...6
Размер ячеек сети трещин, см	30...70
Максимальная дневная температура воздуха (май-август), $^{\circ}\text{C}$	33...37
Средняя дневная температура воздуха (май-август), $^{\circ}\text{C}$	19...30
Средняя скорость ветра (май-август), м/с	3,6...4,0

Количество дождливых дней (май-август)	3...11
Количество атм. осадков (май-август), мм	6...57

В октябре 2024 г. на поле покрытым сетью трещин проводилась основная обработка почвы пахотным агрегатом, состоящим из трактора ХТА-200 и серийного лемешно-отвального плуга ПЛН-5-35. В результате обработки пахотный слой крошился на комья больших размеров. Полученные фрагменты почвы значительно отличаются от размеров комьев по АТТ (не более 5 см) [1,3,4].

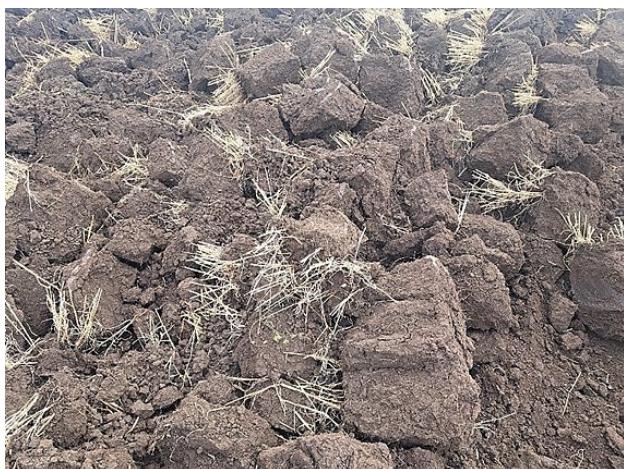


Рисунок 9. Вспаханное поле почвообрабатывающими агрегатом, состоящим из трактора ХТА-200 и серийного лемешно-отвального плуга ПЛН-5-35.

Анализируя полученные результаты, можно заключить, что экстремальные погодные условия в период мая-август приводят к интенсивному растрескиванию почвы. При этом в процессе обработки почвы серийными лемешно-отвальными плугами получаются фрагменты почвы (комья), величина которых значительно превышает величину фрагментов почвы (комьев) согласно АТТ, предъявляемым к основной обработке почвы [4,6,7]. Очевидно, что необходимы новые технологии основной обработки почвы. В настоящее время в Вавиловском университете на кафедре «Техническое обеспечение АПК» разработаны и разрабатываются новые технологии и почвообрабатывающие орудия для обработки почв низкой влажности [4,5,6].

Список использованной литературы.

1. Погода в Саратове по месяцам в 2024 году [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://world-weather.ru/pogoda/russia/saratov/2024/>

2. Бартенев, И.М. Ударное разрушение и активный оборот почвенного пласта при вспашке // Лесотехнический журнал. 2013. №1 (9). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/udarnoe-razrushenie-i-aktivnyy-oborot-pochvennogo-plasta-pri-vspashke> (дата обращения: 17.09.2025).
3. Сборник агротехнических требований на тракторы и сельскохозяйственные машины [Текст] / ЦНИИТЭИ. – М., 1982. – Т. 30. – 292 с.
4. Нестеров, Е.С. Разработка технологического процесса и почвообрабатывающего орудия для основной обработки почвы [Текст]: дис. канд. техн. наук: 05.20.01: защищена 24.06.2011 / Нестеров Евгений Сергеевич; [Место защиты: Сарат. гос. аграр. ун-т им. Н.И. Вавилова]. – Саратов, 2011. – 197 с.: ил.
5. Экспериментальные исследования технологий основной обработки почвы плугами-рыхлителями / В. М. Бойков, С. В. Старцев, А. В. Павлов, Е. С. Нестеров // Аграрный научный журнал. – 2025. – № 7. – С. 102-107. – DOI 10.28983/asj.y2025i7pp102-107. – EDN MGYRMH.
6. Результаты использования агрегатов для основной обработки почвы в засушливом земледелии / С. В. Старцев, В. М. Бойков, А. В. Павлов, Е. С. Нестеров // Совершенствование инженерно-технического обеспечения производственных процессов и технологических систем: Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 70-летнему юбилею начала освоения целинных и залежных земель в Оренбургской области, Оренбург, 02 февраля 2024 года. – Москва: ООО "Издательство "Перо", 2024. – С. 14-17. – EDN ZDOQSP.
7. Панов И. М., Ветохин В. И. Физические основы механики почв. К.: Феникс, 2008. - 266 с. - ISBN: 978-966-651-621-6.
8. Погода в Саратове. Температура воздуха и осадки. Апрель 2024 г. [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=34178&month=4&year=2024>

Научная статья
УДК: 631.3.

В.В. Васильчиков, А.С. Беляева, А.А. Богомолова, А.М. Никитина

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ФРОНТАЛЬНЫХ ПОГРУЗЧИКОВ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Аннотация. В статье рассматриваются особенности применения ситам автоматизировано контроля и управления режимными параметрами погрузчиков периодического действия сельскохозяйственного назначения.

Ключевые слова: фронтальный погрузчик, автоматизированный контроль параметров, энергоемкость

V.V. Vasilchikov, A.S. Belyaeva, A.A. Bogomolova, A.M. Nikitina

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

JUSTIFICATION OF THE CHOICE OF THE AUTOMATED CONTROL DEVICE FOR PERIODIC FRONT LOADERS

Annotation: The article discusses the features of using sieves for automated control and management of the operating parameters of agricultural periodical loaders.

Key words: front-end loader, automated parameter control, energy intensity.

В условиях современного сельскохозяйственного производства для повышения его рентабельности необходимо внедрения передовых технологий.

Основной проблемой построения таких систем в настоящее время является тот факт, что повышение эффективности управления сельскохозяйственной техникой невозможно без использования автоматизированных систем управления режимными параметрами, основанных на применении информационных технологий и прогрессивных математических моделей управления.

Существующие на сегодняшний день системы автоматизации технологических процессов сельскохозяйственной техники и производства не позволяют в полной мере своевременно реагировать на изменение свойств

погрузочного материала, адекватно подстраивать режимы работы и компенсировать возмущения в условиях работы сложной технической системы, которой в нашем случае являются погрузчики периодического и непрерывного действия [1,2].

Для решения этой актуальной задачи необходимо применение методов аппаратного контроля рабочих параметров погрузчиков сельскохозяйственного назначения. В последнее время разработано достаточно большое количество различных программных систем и аппаратных средств для автоматизированного проектирования.

Среди основных методов контроля режимных параметров можно выделить следующие, являющиеся информационными:

- общий сбор данных для дальнейшего контроля и управления режимными параметрами процесса погрузки. К данным параметрам можно отнести: поступательную скорость, массу груза, производительность, энергозатраты;

- предоставление оператору оперативной и адекватной визуальной информации, полученной от датчиков системы автоматического контроля [3].

Подобные системы автоматизированного контроля внедрены в погрузчиках отечественного и импортного производства применяются довольно широко. Но, стоит отметить, что это, в большей степени, относится к погрузчикам, подъёмным кранам, применяемых в строительстве.

В погрузчиках для контроля различных параметров электронные приборы применяются давно. С появлением программируемых микропроцессоров появилась возможность автоматизировать функции регулирования, и даже управления ими.

В системах электронной безопасности погрузчиков Liebherr применяется технология Power Efficiency, которая позволяет оптимизировать взаимодействие между различными системами погрузчика или его агрегатами. Данная система анализирует режимные параметры и, в зависимости от нагрузок, подбирает оптимальную мощность и производительность. В результате применения данной системы электронного контроля режимных параметров, обеспечивается дополнительная экономия топлива, вплоть до 25%. В процесс работы погрузочного агрегата система электронной безопасности автоматически снижает обороты двигателя до холостых непосредственно сразу после того, как оператор прекратит взаимодействовать с джойстиком систем управления гидравликой. В данном случае речь идёт не только об управлении силовой установкой погрузчика, но и об общей согласованности всех исполнительных механизмов машины в целом [4].

Система, позволяющая обеспечивать выбор из трех режимов работы и трех режимов движения реализована в системах контроля фронтальных

погрузчиков Hitachi. Помимо электронной системы контроля режимных параметров мосты погрузчика укомплектованы дифференциалами повышенного трения.

На стреловых автомобильных кранах для обеспечения безопасной работы устанавливают ограничители грузоподъёмности, ограничители подъёма и опускания крюка, ограничитель поворота рамы и универсальный автоматический сигнализатор, указатель наклона крана и др. (рис.1) [5].



Рисунок 1. Устройства защиты от перегрузок и опрокидывания стреловых кранов и погрузчиков

В рамках данной работы было разработано устройство контроля режимных параметров погрузчиков сельскохозяйственного назначения. (рис.2) [2].

Применение современных автоматизированных систем контроля, под управлением микроконтроллеров, специализированного программного обеспечения и, даже нейросетей, позволит поднять эффективность сельскохозяйственного производства на более высокий уровень [5,6].



Рисунок 2. Значения расстояния до бурта, и скорости приближения к массиву груза на ЖК экране разработанного устройства аэризированного контроля режимных параметров

Разработка подобных систем управления фронтальными погрузчиками позволит более эффективно выбирать и устанавливать разные мощностные режимы работы [5]. Это позволяет повысить топливную экономичность погрузчиков сельскохозяйственного назначения за счет согласования мощности сельскохозяйственной техники с рабочей нагрузкой и условиями ее работы.

Система автоматизированного контроля также может повысить К.П.Д. и производительность гидросистемы погрузчика. Производительность гидронасосов, точно регуляризирующееся электроникой, позволит мгновенно корректировать значения непосредственно в процессе работы сельскохозяйственной техники, вследствие этого повышается экономичность работы гидросистемы и повышается еще на 3–4% общая экономичность погрузчика. А применение программируемых микроконтроллеров позволит быстро создать прототип и обосновать выбор встраиваемой системы.

Список использованной литературы.

1. Автоматизация погрузчиков. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ozlib.com/1024716/tehnika/avtomatizatsiya_pogruzchikov

2. Павлов П.И., Факторы, влияющие на энергоемкость фронтального погрузка. /Павлов П.И., Васильчиков В.В., Жигунов С.А./Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова № 62014.
3. Пат. RU [216 273](#)U1 Российская Федерация, МПК [B65G 65/16 \(2006.01\)](#). Погрузчик непрерывного действия с устройством контроля режимных параметров/ П. И. Павлов, В.В. Васильчиков ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО "Вавиловский университет". – № 2022126634; заявл.13.10.2022 ; опубл. 25.01.2023, Бюл. № 3.
4. Колесные погрузчики и перегружатели Liebherr [URL:https://reis.zr.ru/article/spetstehnika/kolesnye_pogruzchiki_i_peregruzhateli_liebherr/](https://reis.zr.ru/article/spetstehnika/kolesnye_pogruzchiki_i_peregruzhateli_liebherr/) (дата обращения 28.09.2025).
5. Электронное управление фронтальным погрузчиком. [URL: http://rosspecteh.ru/index.php?route=information/news&news_id=24](http://rosspecteh.ru/index.php?route=information/news&news_id=24) (дата обращения 28.09.2025)
6. Обучение свёрточной нейронной сети для обнаружения экскрементов в клетке для содержания телят / А. С. Старцев, Е. Е. Демин, А. Ю. Моршнев, В. Н. Соколов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2024. – № 6(110). – С. 173-181. – DOI 10.37670/2073-0853-2024-110-6-173-181. – EDN MURBIO

Научная статья
УДК 7.025

П.А. Горбушин, Е.А. Васильева, Р.Ш. Биккулов, А.А. Борисов, А.И. Фаткин.
Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и
инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

КОНСТРУКЦИЯ, УСЛОВИЯ РАБОТЫ И ПРИЧИНЫ ПОТЕРИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЛАП КУЛЬТИВАТОРОВ

Аннотация: в статье представлен литературный анализ конструкций лап культиваторов, проведен анализ условий их работы, механизм изнашивания и основные факторы влияющие на степень их изнашиваемости.

Ключевые слова: обработка почв, культиватор, лапа, износостойкость, ресурс.

P.A. Gorbushin, E.A., Vasilyeva, R.S. Bikkulov, A.A. Borisov, A.I. Fatkin

Saratov State University of genetics, biotechnology and engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

CONSTRUCTION, WORKING CONDITIONS AND CAUSES OF LOSS OF WORKING CAPACITY OF CULTIVATORS' PAWS

Annotation. The article presents a literary analysis of the designs of cultivator paws, analyzes their working conditions, the mechanism of wear and the main factors influencing the degree of their wear.

Keywords: soil treatment, cultivator, paw, wear resistance, resource.

Введение: Одним из наиболее распространённых методов обработки почвы как при предпосевной обработке, так и в период активного роста сельскохозяйственных культур является культивация [1]. Это процесс безотвальной обработки почвы с подрезанием сорняков. Рабочими орудиями для операции являются культиваторы, а их рабочими органами – лапы культиватора.

В процессе работы на лапы культиватора идет постоянно воздействие абразивных частиц, что приводит к существенному изменению геометрии лапы и, как следствие, ухудшение всех параметров работы культиватора в целом [2]. В связи с этим, задача повышения ресурса лап культиватора за счет повышения его износостойкости в абразивной среде является актуальной научной и практической задачей [6], для решения которой необходимо провести

всесторонний анализ условий работы лап культиватора, их конструктивные особенности и техническую диагностику их износа.

Результаты исследований и их обсуждения: Культиваторы классифицируются, в основном, по типу и виду лап, а также по глубине обработки почвы. Важным условием для выбора того или иного культиватора являются агротехнические требования к рабочим органам почвообрабатывающих орудий [5].

Основными рабочими органами культиватора являются плоскорежущие лапы, универсальные лапы, рыхлительные лапы. Они в свою очередь могут быть односторонние плоскорежущие, стрельчатые плоскорежущие, стрельчатые универсальные, долотообразные, окучники, бороздорезы (арычники-бороздорезы), боронки, оборотные лапы, игольчатые диски, лапы-отвальчики, подкормочные ножи и т.д. Наиболее распространёнными рабочими органами культиваторов в Саратовской области являются стрельчатые лапы. Их используют для предпосевной обработки почвы, обработки паров и междурядной обработки посевов. В основном, глубина заделки лап составляет 10...14 см. Основные характеристики отечественных и зарубежных стрельчатых лап представлены в таблице [1].

Таблица 1
Характеристики лап культиваторов

Наименование лап	Фото	Масса, кг	Ширина захвата, мм	Толщина, мм	Марка стали	Твердость HRC	Расстояние между крепежным и отверстиями, мм
I	2	3	4	5	6	7	8
Лапа “BEDNAR”		2	280	8	65Г	60-65	45
Лапа “Horsch”		3,65	405	8	65Г	60-65	56
Лапа “КПМ”		0,95	230	6	65Г	60-65	30
Лапа сеялки “John Deere 1820”		1,9	270	6	65Г	60-65	56

Лапа сеялки типа "Омичка"		1,25	270	6	65Г	60-65	45
Лапа посевного комплекса "FlexiCoil" (аналог)		2	330	6	65Г	60-65	56
Лапа посевного комплекса типа "Kverneland"		1,4	280	6	65Г	60-65	45
Лапа посевного комплекса типа "Кузбасс"		3,2	360	8	65Г	60-65	56
Лапа сеялки типа "John Deer 730", "Salford"		1,44	300	6	65Г	60-65	45
Лапа культиватора "Алтай"		2,93	350	8	65Г	60-65	56
Лапа культиватора типа КПС		1,1	330	6	65Г	60-65	45
Лапа культиватора типа АПК-7.2		3,67	470	8	65Г	60-65	56
Лапа культиватора КПЭ-3.8		3,2	410	8	65Г	60-65	56
Лапа посевного комплекса "Bourgault"		2,4	310	8	65Г	60-65	-
Лапа посевного комплекса "Bourgault"		2,8	310	6	65Г	60-65	-
Лапа культиватора типа КСП		1,51	330	6	65Г	60-65	45
Лапа культиватора типа КС		1.1	220	6	65Г	60-65	45
Лапа типа "Great Plains"		1,39	265	6	65Г	60-65	45
Лапа сеялки типа "СЗС-2,1 нового образца"		1,26	310	6	65Г	60-65	45

Лапа культиватора типа Ярославич		0,604	215	5	65Г	60-65	45
Лапа культиватора типа Ярославич		0,602	150	5	65Г	60-65	45
Лапа типа КСП		1,09	230	6	65Г	60-65	45

При рассмотрении геометрии лап культиваторов можно выделить два важных угла: угол крошения β и угол подъема груди α . Эти углы выбираются их агротехнологических условий работы лап. Изменением этих углов можно контролировать качество обработки почвы. Кроме того, эти углы будут зависеть от вида и назначения лап. Например, угол β для плоскорежущих лап будет находиться в пределах $15^\circ...18^\circ$, тогда как для универсальных лап этот угол будет $20^\circ...30^\circ$ [5].

Одним из основных показателей геометрических параметров лапы будет являться ширина захвата. Согласно анализу литературы, установлено 19 основных типоразмеров ширины лапы в пределах 220...410 мм. От этого параметра будут зависеть не только показатели надежности, но и количество и расстановка лап на агрегате, глубина обработки почвы, рыхлительная способность и т.д.

Ещё одним важным параметром, от которого будут зависеть глубина обработки, физико-механические свойства обрабатываемой почвы, ширина захвата и ширина крыльев лапы, физико-механические и технологические свойства материала, является толщина материала лапы. Она варьируется в пределах 5...8 мм.

Анализ литературных данных [1-3, 5], а также анализ геометрических параметров изношенных лап культиваторов позволили установить следующие дефекты:

- затупление лезвийной части;
- износ носка лапы;
- износ крыльев по ширине на всей длине;
- наличие деформаций и трещин;
- изломы;
- погнутость плоскости.

Основными дефектами являются первые три. Установлено, что до 60% всех лап выходят из строя по причине затупления, износа носка и крыльев. Внешний вид изношенных лап представлен на рисунке.

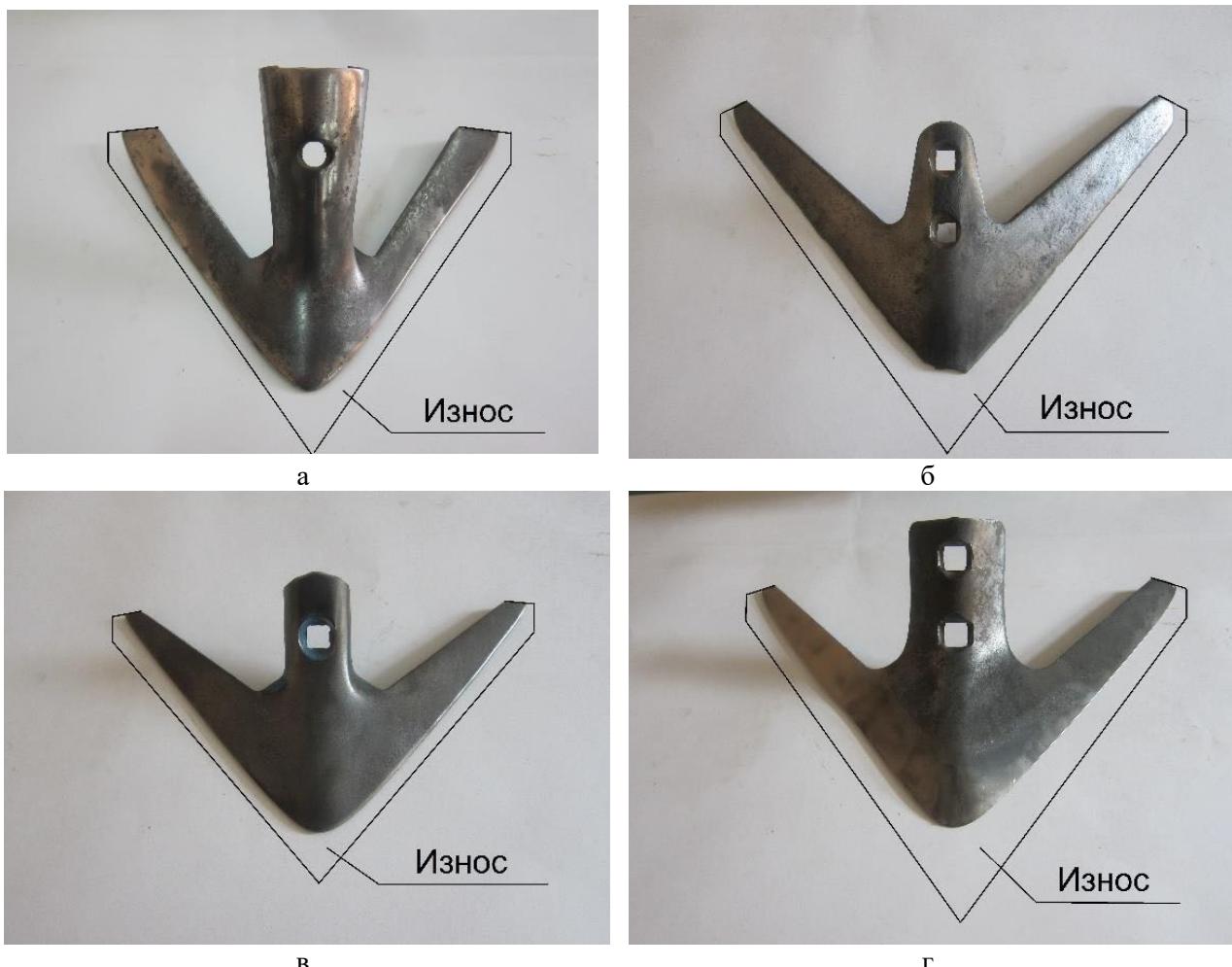


Рисунок 1. Изношенные рабочие органы: а - сеялки-культиватора Bouragult 8810; б - культиватор КПС-4Г; в - культиватор Lemken Kompaktor; г - культиватора КШУ-12Н

Наибольший износ наблюдается у носка лапы. По сравнению с крыльями износ носка в 2,2...2,5 раза больше. Так же установлена неравномерность износа поверхности от носка к крыльям. По мере удаления от носка лапы интенсивность и величина ее изнашивания снижается.

Анализ литературных источников [2,3] позволил установить, что интенсивность изнашивания лап меняется от расположения лапы. Так наибольшей интенсивности подвержен первый ряд лап, тогда как с каждым последующим рядом интенсивность изнашивания уменьшается. Это связано с изменением тягового сопротивления лап по мере обработки почвы. Первый ряд обрабатывает недеформированную почву, а каждый последующий ряд обрабатывает уже частично обработанную почву. Кроме того, наибольший износ будет у лап, установленных на колее трактора. Это связано с тем, что трактор дополнительно уплотняет почву своими колесами или гусеницами.

Ещё одними из ключевых факторов, влияющих на интенсивность износа лап культиватора, являются состав и свойства обрабатываемых почв. В составах почв в зависимости от их видов содержится большое количество примесей. Одной из этих примесей является кварц. Этот минерал имеет высокую твердость, порядка 10,5…12,5 ГПа, при этом доля этого минерала в составах различных почв составляет до 85%. От процентного соотношения кварца в почве меняется интенсивность изнашивания рабочих орудий сельскохозяйственных машин. По степени абразивного воздействия почвы можно условно разделить на три группы, которые характеризуются коэффициентом износа $K_{изн}$. Этот коэффициент представляет собой отношение износа стрельчатой лапы для исследуемой почвы к износу этой же лапы эталонной средой (абразивной) в идентичных почвенно-климатических условиях [3].

В первую группу включены почвы, составляющие $K_{изн}$ в пределах 1,3…3,0. На таких почвах лапы изнашиваются обычно по толщине. Ко второй группе относят почвы, составляющие $K_{изн}$ в пределах 0,5…1,3. При эксплуатации на таких почвах происходит износ в основном по ширине и в меньшей степени по толщине режущей поверхности лапы. К третьей группе включены почвы, составляющие $K_{изн}$ в пределах 0,37…0,65. Износ стрельчатых лап на данных почвах происходит чаще всего по ширине.

При эксплуатации лап культиватора большая интенсивность их износа наблюдается на песчаных почвах и далее убывает для супесчаных, суглинистых, глинистых и тяжелоглинистых почв [2].

Значительное воздействие при эксплуатации лап культиватора оказывает влажность почвы. Так, например, наименьший износ лап на глинистых и суглинистых почвах достигается при влажности 14…18 %. Для супесчаных почв при абсолютной влажности 9…10% абразивный износ минимальный. Отклонение от указанных влажностей приводит к повышению интенсивности изнашивания лап культиваторов [3].

Заключение: Установлено, что на износ лап культиваторов оказывает влияние больше количества факторов. При их изнашивании ухудшаются параметры обработки почвы, повышается сопротивление движению культиватора, что в конечном итоге приводит к повышению материальных и трудовых затрат на обработку почвы. В связи с этим, разработка современной технологии упрочнения лап культиваторов является актуальной научной задачей.

Список использованной литературы.

1. Аксенов, П.И. Машины для обработки почвы / П.И. Аксенов. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 268 с.
2. Бартенев, И.М. Изнашивающая способность почв и ее влияние на долговечность рабочих органов почвообрабатывающих машин / И.М. Бартенев, Е.В. Поздняков // Лесотехнический журнал. – 2013. – №3. – с. 114-123.
3. Винокуров В.Н. Результаты исследования изнашивающей способности почв нечерноземной зоны / В.Н. Винокуров, В.А. Белян, А.И. Кутепов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1975. – № 1. – с. 26-28.
4. Виноградов В.Н. Абразивное изнашивание / В.Н. Виноградов, Г.М.Сорокин, М.Г. Колокольников. – М.: Машиностроение, 1990. – 253 с.
5. Кленин Н.И. . Сельскохозяйственные машины. – М.: Колос, 2008 – 816 с.
6. Перспективные способы упрочнения поверхностей режущих элементов сельскохозяйственной техники / П. А. Горбушин, С. А. Шишурин, И. Ю. Илларионов, Р. В. Вольсков // Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники : Материалы XXXVI Международной научно-технической конференции имени В.В. Михайлова, Саратов, 17–18 мая 2023 года. – Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, 2023. – С. 211-218.

УДК 631.31

Научная статья

Д. Г. Клиничкин, В.И. Коновалов

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина,
Россия

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОПЕРАЦИЙ ЛУЩЕНИЯ И ДИСКОВАНИЯ ПОЧВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ДИСКОВЫХ ОРУДИЙ

Аннотация: в статье проведен сравнительный анализ технологических операций лущения и дискования почвы, выявлены схожие и отличительные агротехнические требования к данным операциям. Сформулированы перспективные направления совершенствования дисковых рабочих органов, заключающиеся в повышении степени крошения почвы и снижении энергоемкости процесса.

Ключевые слова: дисковое орудие, лущение, дискование, агротребования

D. G. Klinichkin, V.I. Konovalov

I.T. Trubilin Kuban State Agrarian University, Russia

COMPARATIVE ANALYSIS OF SOIL PEELING AND DISKETING OPERATIONS AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF DISK TOOLS

Annotation: The article provides a comparative analysis of the technological operations of peeling and disking the soil, and identifies similar and distinctive agrotechnical requirements for these operations. Promising directions for improving disk working bodies are formulated, which consist in increasing the degree of soil crumbling and reducing the energy intensity of the process.

Keywords: disk tool, peeling, disking, agricultural requirements

Обработка почвы – один из наиболее энергоемких технологических процессов в растениеводстве, доля которого в общих энергозатратах достигает 30% [3, 4]. В условиях Краснодарского края, являющегося лидером растениеводства в РФ, доминируют интенсивная и минимальная технологии. Минимальная технология, характеризующаяся сокращением количества проходов техники и применением комбинированных агрегатов, широко использует поверхностную, глубиной до 8-10 см и мелкую, глубиной до 14-16

см, обработку, выполняемую дисковыми орудиями. На их долю приходится до 35% всех операций по обработке почвы [1, 6]. Несмотря на внешнюю схожесть, операции лущения и дискования имеют различные агротехнические цели и требования, что определяет необходимость их четкого разграничения и выдвигает специфические требования к конструкциям орудий.

Дисковые ротационные орудия в зависимости от глубины обработки и технологического назначения делятся на две основные группы. К первой группе относятся орудия для лущения, а именно непосредственно сами лущильники и мульчировщики, которые обработку почвы выполняют на глубину до 8-10 см и, соответственно, основная операция – лущение стерни. Ко второй группе относятся орудия для дискования, которые называются дисковыми боронами, выполняющие обработку почвы на глубину свыше 12 см, а сама операция соответственно называется – дискование [2, 5].

На практике выбор орудия часто определяется не технологической целесообразностью, а наличием конкретной техники в хозяйстве. Лущильники имеют низкую годовую загрузку, поскольку имеют однократное применение после уборки колосовых, что экономически невыгодно. Кроме того, работа в засушливый период на твердых почвах требует от орудий высокой заглубляющей способности, которой лущильники часто не обладают, что приводит к необходимости многократных проходов. Вследствие этого для выполнения обеих операций чаще применяют дисковые бороны.

Хотя обе операции выполняются дисковыми орудиями, их цели и, соответственно, агротехнические требования различаются. К основным целям и задачам лущения можно отнести крошение и перемешивание почвы с пожнивными остатками для создания влагосберегающего слоя, провокацию прорастания семян сорняков и падалицы, подрезание сорной растительности и борьба с вредителями и возбудителями болезней. Соответственно для лущения агротехнические требования включают в себя допустимое отклонение глубины обработки ± 1 см, степень крошения пласта не менее 90% почвенных агрегатов размером до 5 см, подрезание сорняков не менее 95% и заделка растительных остатков не менее 60%.

К основным целям и задачам дискования можно отнести разделку пласта после вспашки, его крошение и выравнивание, основную или паровую обработку почвы, подрезание и измельчение сорняков с перемешиванием их с почвой. При выполнении дискования почвы отклонение глубины обработки должно быть ± 3 см, степень крошения не менее 80% почвенных агрегатов размером до 5 см, подрезание сорняков 100%, а заделка растительных остатков не менее 60%.

Таким образом, можно заключить, что лущение предъявляет более высокие требования к качеству крошения, 90% против 80% агрегатов до 5 см, но

допускает меньшую точность по глубине. Дискование, в свою очередь, осуществляется на большую глубину и требует полного подрезания сорняков.

Теоретически, дисковую борону можно использовать для лущения, если она обеспечивает требуемое качество крошения. Однако на практике это часто не выполняется, так как бороны, оптимизированные для глубокого рыхления, могут недостаточно интенсивно крошить почву на малой глубине.

Обратная ситуация – использование лущильника для дискования – является проблематичной по ряду причин, к числу которых можно отнести недостаточную заглубляющую способность, диаметр дисков лущильников, как правило, не превышает 510 мм, что физически ограничивает глубину обработки. Кроме того, возникающее высокое тяговое сопротивление вызывает технические сложности, поскольку процесс дискования на глубине 12-25 см характеризуется значительно большим сопротивлением, на которое не рассчитана рама и узлы лущильников. Основная обработка часто проводится после уборки пропашных культур (подсолнечник, кукуруза) при большом количестве грубых пожнивных остатков и повышенной твердости почвы, что требует от орудия повышенной прочности и энергии.

Попытки улучшить заглубление лущильников с помощью балластных грузов не решают проблему кардинально из-за конструктивных ограничений по диаметру диска и прочности рамы.

На основе проведенного анализа определены следующие приоритетные направления для разработки перспективных универсальных дисковых орудий:

- повышение степени крошения почвы, путем совершенствования геометрии рабочих органов (радиус кривизны, форма лезвия, углы атаки и наклона) для обеспечения интенсивного измельчения почвенного пласта как на малых, так и на больших глубинах;
- обеспечение равномерности перемешивания;
- снижение энергоемкости процесса. Оптимизация параметров дисков и схемы их расстановки на раме позволит уменьшить тяговое сопротивление без ущерба для качества работы;
- повышение технологической универсальности. Создание орудий, способных эффективно выполнять как лущение, так и дискование в различных почвенно-климатических условиях, будет экономически целесообразным для сельхозпроизводителей.

Список использованной литературы.

1. Коновалов, В. И. Влияние конструктивно-технологических параметров дисковых рабочих органов на высоту гребня дна борозды / В. И. Коновалов,

С. И. Коновалов, В. В. Жадько // Политеатический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 184. – С. 63-76. – DOI 10.21515/1990-4665-184-008. – EDN ZPNQIC.

2. Konovalov, V. Constructive-technological diagram of the rotary-string cultivator and the definition of its main parameters / V. Konovalov, S. Konovalov, V. Igumnova // E3S Web of Conferences, Sevastopol, 09–13 сентября 2019 года. Vol. 126. – Sevastopol: EDP Sciences, 2019. – P. 00039. – DOI 10.1051/e3sconf/201912600039. – EDN HAMLHS.
3. Konovalov, V. I. Analysis of research on soil destruction criteria during its interaction with working bodies / V. I. Konovalov // E3s web of conferences : International Conference on Advances in Agrobusiness and Biotechnology Research (ABR 2021), Krasnodar, Russia, 24–26 мая 2021 года. Vol. 285. – Krasnodar, Russia: EDP Sciences, 2021. – P. 07003. – DOI 10.1051/e3sconf/202128507003. – EDN UVDAVW.
4. Konovalov, V. I. Similarity and Differences of Husking and Disking of the Soil. Prospects of Improving Disk Tools / V. I. Konovalov, S. I. Konovalov, A. Strakhov // E3S Web of Conferences : International Conference on Advances in Agrobusiness and Biotechnology Research (ABR 2024), Kuban State Agrarian University named after. I.T. Trubilina, 23–24 января 2024 года. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2024. – P. 01007. – DOI 10.1051/e3sconf/202449301007. – EDN KUUXTS
5. Sokht, K. A. Uniformity of the soil tillage depth with tools with disk working bodies / K. A. Sokht, V. I. Konovalov // E3S Web of Conferences, Krasnodar, 30–31 мая 2023 года / Kuban State Agrarian University. Vol. 398. – Krasnodar: EDP Sciences, 2023. – P. 01012. – DOI 10.1051/e3sconf/202339801012. – EDN NTEYQB.
6. Experimental studies of parameters of pneumatic slot sprayer / E. I. Trubilin, S. I. Borisova, V. I. Konovalov [et al.] // International Journal of Emerging Trends in Engineering Research. – 2020. – Vol. 8, No. 1. – P. 170-176. – DOI 30534/ijeter/2020/23812020. – EDN OFIIIJ.

УДК 631.37

Научная статья

Ю.А. Коцарь, Кабанов О.В., Э.Ю. Мизюрова, Е.Н. Чернова

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, Россия

РЕЗУЛЬТАТЫ ВНУТРИЗАВОДСКИХ ИСПЫТАНИЙ САМОХОДНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МОДУЛЯ С ГИДРООБЪЕМНОЙ ТРАНСМИССИЕЙ

Аннотация. Приведены результаты внутризаводских испытаний самоходного энергетического модуля СЭМ - 6 Алтайского завода лесных машин с гидрообъемной трансмиссией и гусеничным двигателем. Гидрообъемная трансмиссия имеет явное преимущества перед механическими и гидромеханическими трансмиссиями, так как обеспечивает постоянный номинальный коэффициент загрузки двигателя в широком диапазоне силы тяги на крюке и рабочей скорости, а также плавного изменения тягово - скоростного режима машины. Полученные результаты внутри-заводских испытаний являются исходным материалом, для разработки гусеничных тракторов нового поколения.

Ключевые слова: трактор, гидрообъемная трансмиссия, крюковая сила, расход топлива, коэффициент загрузки двигателя.

Y.A. Kotsar, O.V. Kabanov, E.Y. Mizyurova, E.N. Chernova

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Russia

INTERMEDIATE TESTS RESULTS OF SELF-PROPELLED POWER COMPLEX WITH HYDROSTATIC TRANSMISSION

Annotation: The intrafactory test results of the self-propelled power module SEM-6 produced by Altai forestry machine plant with hydrostatic transmission and a tracked engine are presented. Hydrostatic transmission has clear advantages over mechanical and hydromechanical transmissions, as it provides a constant nominal engine load factor in a wide range of hook traction force and operating speed, as well as a smooth change in the traction and speed mode of the machine. The obtained results of the intrafactory tests are the starting material for the development of new generation tracked tractors.

Keywords: tractor, hydrostatic transmission, hook force, fuel consumption, engine load factor

Введение. Современное сельское хозяйство невозможно без применения высокопроизводительной сложной и дорогой техники и в первую очередь энергонасыщенных тракторов, технические возможности которых позволяют выполнять несколько с/х. операции за один проход и агрегатировать широкозахватные с/х. машины. Эксплуатация данной техники требует от механизатора навыков и высокой квалификации т.к. ему необходимо выполнять одновременно две функции:

- выбор и контроль оптимального эксплуатационного режима МТА;
- контроль траекторий движения МТА исключающего образование огрехов с предыдущим проходом.

Все это, даже для опытного механизатора, является непростой задачей. Положение усугубляется тем, что экономическая ситуация в стране привела к оттоку трудоспособного сельского населения в город и соответственно к старению кадров механизаторов и снижению их квалификации. В напряженные периоды выполнения полевых работ (посевная, уборка) на современную технику привлекаются временные рабочие, имеющие только навыки управления, что соответствующим образом сказывается на эффективности ее эксплуатации и ресурсе.

Материалы и методы. Одним из направлений повышения эффективности эксплуатации тракторов в современных условиях является создание роботизированных систем управления, облегчающих работу механизатора, в задачу которого входит контроль за работой данной системы и управление в случае возникновения внештатных ситуаций [7].

Роботизированная система управления предусматривает установку на трактор коробок передач с плавным изменением тягово-скоростного режима, обеспечивающие постоянную номинальную загрузку двигателя.

Механические и гидромеханические коробки передач не могут обеспечивать постоянную работу двигателя в номинальном режиме в связи с особенностью конструкции редукторной части и постоянным изменением тягово-скоростного режима трактора в составе МТА [2, 3].

При проектировании редукторной части КПП число передач и их передаточные отношения определяются из условия рационального агрегатирования трактора и шлейфа машин его тягового класса. При правильном выборе количество передач и передаточных чисел трансмиссии загрузка двигателя должна быть постоянной, независимо от выполняемой сельскохозяйственной операции и тягово-скоростного режима. При

переключении с одной передачи на другую не должно быть больших скачков в скорости и тягового усилия. Расчет передаточных чисел трансмиссии для основных рабочих передач производится по закону геометрической прогрессии [2, 3].

$$i_{\text{тр} n} = i_{\text{тр} 1} q^{m-1} \quad (1)$$

где: m – число передач;

q – знаменатель геометрической прогрессии; $q = 0,85-0,9$.

$i_{\text{тр} 1}$ – передаточное число трансмиссии на первой передаче.

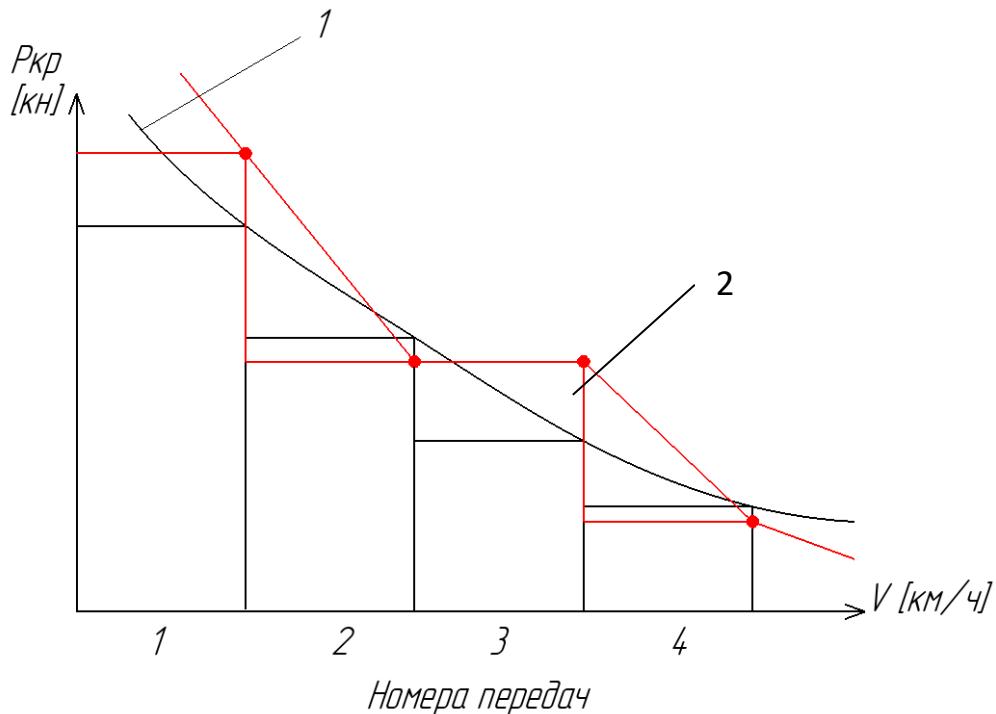


Рисунок 1. Тягово-скоростная характеристика тракторов с различными трансмиссиями: 1 – Теоретическая тягово-скоростная характеристика трактора; 2 – Фактическая тягово-скоростная характеристика трактора

Необходимое число передач КПП можно выразить из следующей зависимости:

$$q = \sqrt[m-1]{\frac{P_{\text{кр} \text{в}} + G f}{P_{\text{кр} 1} + G f}} \quad (2)$$

где: $P_{\text{кр} \text{в}}$ – сила тяги на высшей передаче, кН;

$P_{\text{кр} 1}$ – сила тяги на первой передаче, кН;

G – масса трактора, кг;

f – коэффициент сопротивления качению.

Изменения передаточных чисел трансмиссии возможно за счет изменения передаточных чисел коробки передач. Передаточные числа коробки передач определяются отношением числа зубьев ведомой и ведущей шестерен.

$$i_{\text{кпп}} = \frac{z_2}{z_1} \quad (3)$$

где: z_1 – число зубьев ведущей шестерни;

z_2 – число зубьев ведомой шестерни.

Так как передаточное число одной пары шестерен ограничено, то формирование передаточного числа участвуют несколько пар шестерен, установленные на разных валах. (рис.2).

Причем на одних и тех же валах устанавливаются шестерни формирующие передаточные числа других передач. При этом число зубьев ведомой и ведущей шестерен каждой передачи определяется из условия равного расстояния между валами. Последнее приводит к нарушению расчетных значений передаточных отношений.

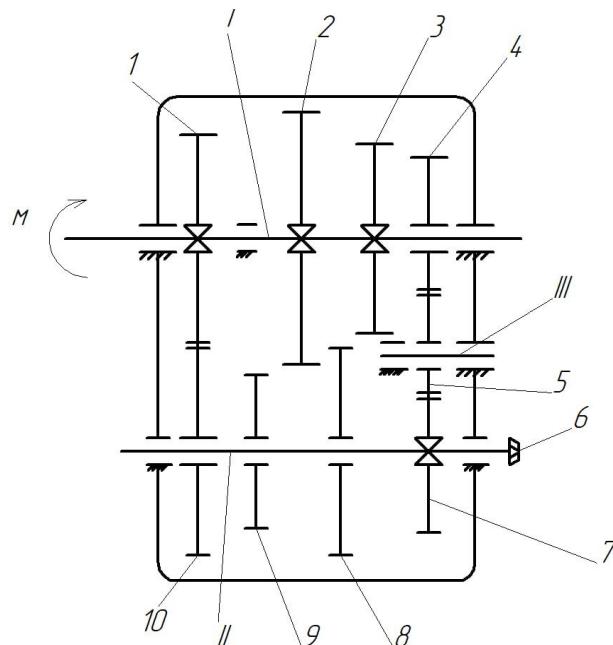


Рисунок 2. Принципиальная кинематическая схема коробки передач: 1 – ведущая шестерня первой передачи; 2 – ведущая шестерня второй передачи; 3 – ведущая шестерня третьей передачи; 4 – ведущая шестерня заднего хода; 5 – промежуточная шестерня заднего хода; 6 – ведущая шестерня заднего хода; 7-10 – ведомые шестерни передач; I – первичный вал; II – вторичный вал; III – ось промежуточной шестерни заднего хода

Скачки в тягово-скоростной характеристики приводят к нагрузки или перегрузки двигателя, т.е. двигатель работает неустановившемся режиме.

Анализ тягово-скоростной характеристики, гидрообъемной трансмиссии показывает, что с увеличением силы тяги на крюке происходит снижение

скорости движения трактора. С уменьшением силы тяги скорость возрастает. При этом крюковая мощность и эксплуатационная мощность двигателя остаются постоянные. То есть двигатель трактора работает в постоянном эксплуатационном режиме, выбор которого осуществляется механизатором исходя из агротехнических требований.

На Барнаульском заводе «Алтайлесмаш» изготовлен самоходный энергетический модуль СЭМ-6 с гидрообъемной трансмиссией [5].

СЭМ-6 (рис.3) представляет собой гибрид транспортного средства и трактора.



Рисунок 3. Общий вид СЭМ-6

СЭМ-6 имеет следующие характеристики:

- Эксплуатационная масса -18000 кг.
- мощность двигателя – 312 л/с. (229,4 кВт.)
- тип движителя – гусеничный
- максимальная грузоподъемность - 18000 кг.

После проведения ходовых испытаний и доработки конструкции были проведены внутризаводские испытания СЭМ-6.

Испытания СЭМ-6 проводились в соответствии с ГОСТ 7057-2011, при этом регистрировались следующие эксплуатационные показатели: пройденный путь V_p , расход топлива за опыт $C_{топ}$, сила тяги на круге $P_{кр}$. Для определения и регистрации основных эксплуатационных показателей был разработан аппаратурный комплекс АК-01[4, 6].



Рисунок 4. Контрольно-измерительный комплекс для проведения испытаний

Основными элементами КИК являются: контролер (2), панель оператора (4), расходомеры топлива (7, 8) и пятое путеизмерительное колесо с отметчиком оборотов (9) (рис.5).

Для определения силы тяги на крюке использовалось силоизмерительное звено (рис.6).

Питание КИК осуществлялось от бортовой сети машины. Частота вращения коленчатого вала двигателя определялось по выходному напряжению генератора. Информация от датчиков поступала контролер (2) где обрабатывалась по определенному алгоритму и отображалась на экране оператора в табличном виде. Коэффициент загрузки двигателя определялся по бортовому компьютеру СЭМ-6. Для создания необходимой силы сопротивления на крюке использовался трактор ТЛС -5, двигатель которого работал в тормозном режиме. Силоизмерительное звено устанавливалось на фаркопе СЭМ-6 и соединялось посредством троса с прицепной скобой заднего механизма навески трактора (рис.7).

Испытания проводились на дороге выложенной битым строительным кирпичом, на которой был выбран прямолинейный контрольный участок длиной 350 метров. На контролльном участке проводилась регистрация эксплуатационных показателей СЭМ-6. Регистрация эксплуатационных показателей СЭМ-6 проводилась по времени установленного на таймере контролера.

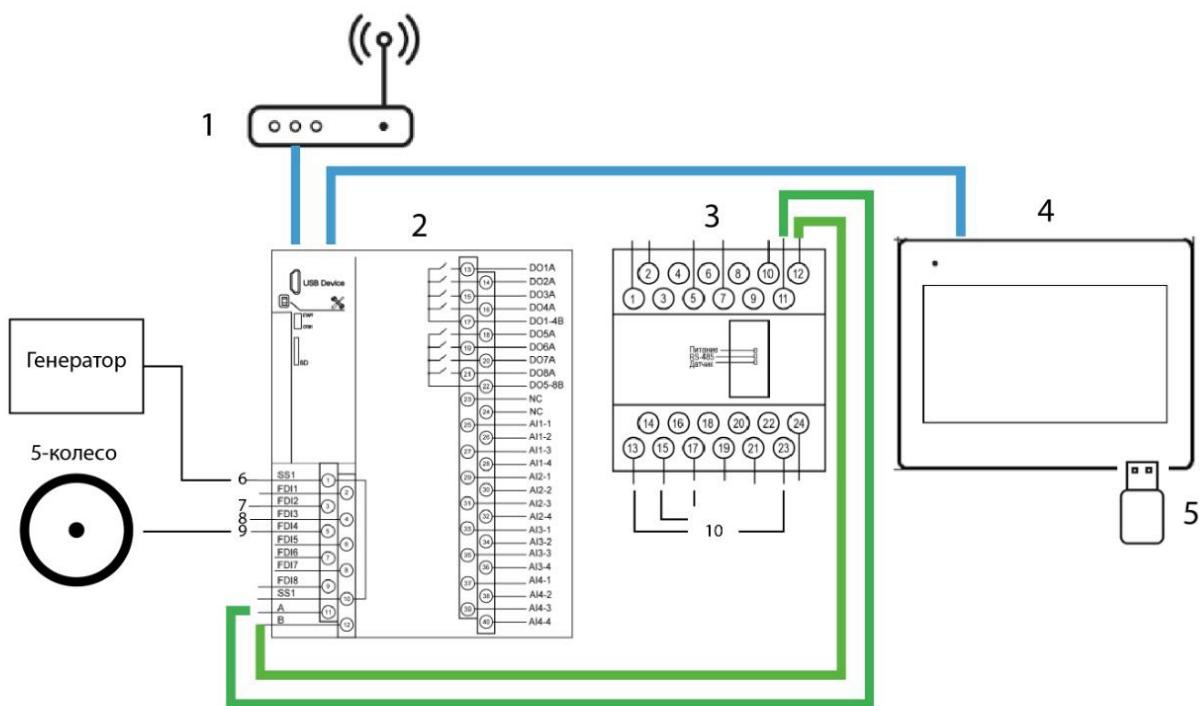


Рисунок 5. Структурная схема контрольно-измерительного комплекса: 1 – точка доступа; 2 – контроллер; 3 – модуль измерения тензометрического датчика; 4 – панель оператора; 5 – карта памяти; 6 – отметчик оборотов с генератором; 7, 8 – расходомеры топлива; 9 – отметчик положения пятого путеизмерительного колеса; 10 – силоизмерительное звено



Рисунок 6. Силоизмерительное звено



Рисунок 7. Испытание СЭМ-6

Результаты испытаний. Результаты испытаний СЭМ-6 в качестве транспортного средства представлены в виде таблицы (рисунок 8). Анализ результатов испытаний показал, что увеличение массы выше номинальной - 1800кг на 4000кг не оказывает существенного влияния на изменение эксплуатационных показателей. Двигатель работает на постоянных оборотах, при коэффициенте загрузки $K_3=0,65$. Машина имеет высокую курсовую устойчивость и управляемость.

Дата	№	Ркрюк Т	5 кол	S, м	Vраб км/ч	Q букс %	Gпод кг/ч	Gобр кг/ч	Gр кг/ч	Ндв 1/мин	Gр Т	Тэкс сек
12.10.23	0	0	669	196	7,05	0	-	27,0	27,0	2000	0	100
12.10.23	1	0	709	208	7,48	0	-	27,0	27,0	2000	0	100
12.10.23	2	0	701	205	7,38	0	-	28,0	27,0	2000	0	100
12.10.23	3	0	646	189	6,8	0	-	26,0	27,0	2000	0	90
12.10.23	4	0	702	205	7,52	0	-	28,6	28,5	2000	4	100
12.10.23	5	0	665	194	6,98	0	-	28,4	28,5	2000	4	100
12.10.23	6	0	625	183	6,58	3,9	-	31,0	30,5	2000	4	100
12.10.23	7	0	670	196	7,05	3,9	-	30,0	30,5	2000	4	100
12.10.23	8	0	584	171	6,15	13,36	-	40,0	40,5	2000	18	100
12.10.23	9	0	611	179	6,44	13,36	-	41,0	40,5	2000	18	100

≡
Начать опыт

Рисунок 8. Результаты испытаний СЭМ-6 как транспортного средства

Результаты испытаний СЭМ-6 в качестве тягового средства (прототипа трактора) представлены в виде таблицы (рисунок 9) и графической зависимости изменения силы тяги на крюке (рисунок 9).

Дата	№	Ркрюк Т	5 кол	S, м	Ураб км/ч	Q букс %	Гпод кг/ч	Гобр кг/ч	Гр кг/ч	Ндв 1/мин	Гр Т	Тэкс сек
14.10.2023 13:03:00	0	0,9	646	189	7,8	-	-	-	42	2000	0	70
14.10.2023 14:02:00	1	1	736	216	7,9	-	-	-	41	2000	0	70
14.10.2023 14:17:00	2	2,4	555	163	5,1	-	-	-	48	2000	0	70
14.10.2023 14:28:00	3	2,5	372	109	5,2	-	-	-	48	2000	0	70
	4											
	5											
	6											
	7											
	8											
	9											

≡
Начать опыт

Рисунок 9. Результаты испытаний СЭМ-6 как тягового средства

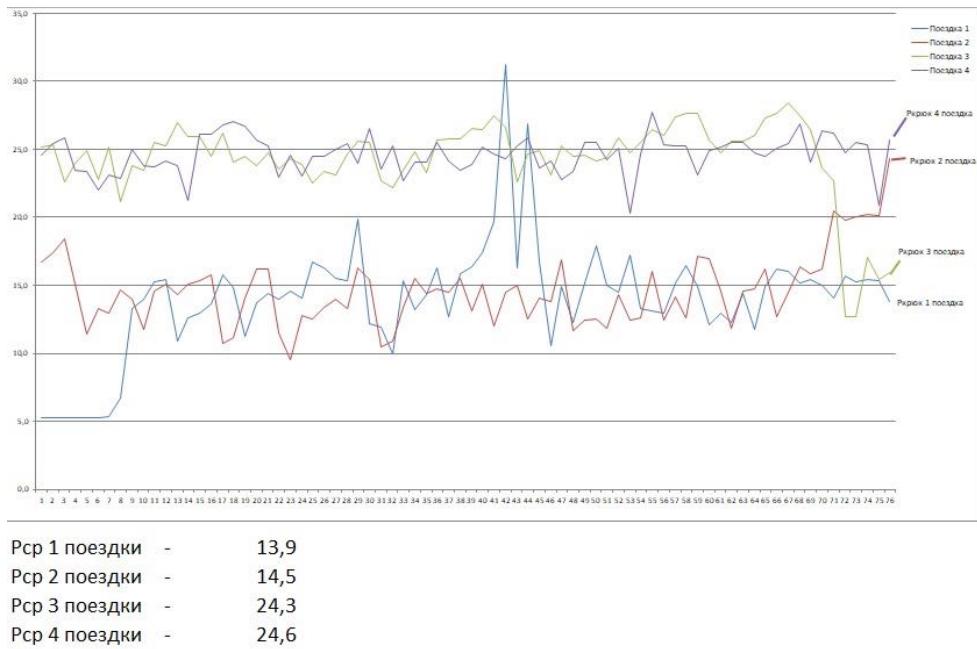


Рисунок 10. Графическая зависимость изменения силы тяги на крюке

Анализ результатов испытаний показывает, что при крюковой нагрузке 45-50% от проектной (70кН) коэффициент загрузки составляет 0,86-0,89. Высокая неравномерность изменения крюковой силы не оказывает влияния на обороты двигателя и коэффициента его загрузки.

Заключение. Анализ результатов испытаний показывает, что:

- при проектировании СЭМ-6 в качестве транспортного средства ($K_3 = 0,65$) для полной загрузки двигателя необходимо увеличение скоростного режима.
- при проектировании СЭМ-6 в качестве прототипа трактора класса 70кН с $K_3 = 0,8-0,89$ необходимо увеличение мощности двигателя.

Список использованной литературы

1. Глущенко А.А. Испытания автомобилей и тракторов: учебное пособие для студентов инженерного факультета / А.А. Глущенко, Д.Е. Молочников, И.Р. Салахутдинов, Е.Н. Прошкин – Ульяновск: УлГАУ, 2018. – 384 с.
2. Мирошниченко, А.Н. Основы теории автомобиля и трактора: учебное пособие / А.Н. Мирошниченко. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2014. – 490 с.
3. Поливаев, О. И. Теория трактора и автомобиля: учебник / О. И. Поливаев, В. П. Гребнев, А. В. Ворохобин. — Санкт-Петербург: Лань, 2016. — 232 с.
4. Патент № 2815769 С1 Российская Федерация, МПК G07C 5/08, B60W 40/12, B60K 28/16. Способ ограничения величины буксования: № 2023102724: заявл. 06.02.2023: опубл. 21.03.2024 / Ю. А. Коцарь, М. С. Смольков, О. В. Кабанов, О. С. Кочегарова.
5. Прототип гусеничного трактора с гидростатической трансмиссией СЭМ-6 для точного земледелия / Ю. А. Коцарь, О. В. Кабанов, О. С. Кочегарова, Е. О. Кабанов // Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники: Материалы XXXVII Международной научно-технической конференции имени В.В. Михайлова, Саратов, 15–16 мая 2024 года. – Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, 2024. – С. 52-58.
6. Результаты внутризаводских испытаний самоходного энергетического модуля СЭМ-6 с гидростатической трансмиссией / Ю. А. Коцарь, О. В. Кабанов, В. С. Истомин [и др.] // Проблемы и перспективы развития АПК: технические и сельскохозяйственные науки : Материалы II Региональной научно-технической конференции, Саратов, 04–18 марта 2024 года. – Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, 2024. – С. 219-223.
7. Федоренко, В.Ф. Цифровые беспроводные технологии для оценки показателей сельскохозяйственной техники / В.Ф. Федоренко, В.Е. Таркивский // Сельскохозяйственные машины и технологии. - 2020. - № 1. - С.10-15.

Научная статья
УДК 629.3.01

Ю.А. Коцарь, О.В. Кабанов

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и
инженерии имени Н.И. Вавилова, Россия

ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОГО ОТЕЧЕСТВЕННОГО ТРАКТОРОСТРОЕНИЯ

Аннотация. Приведены результаты анализа состояния тракторного парка РФ и предложены перспективы развития отечественных сельскохозяйственных гусеничных тракторов. В качестве основных направлений рассматривается возможность использования гидростатической трансмиссии и интеграции в неё системы контроля и выбора эксплуатационных режимов, а также оборудования для параллельного вождения. Такая комбинация позволит реализовать возможность получить роботизированный беспилотный трактор. Еще одним важным компонентом развития гусеничных сельскохозяйственных тракторов является изучение кинематики движения элементов ходовой системы с применением резиноармированных гусениц и выбор оптимальных конструктивных решений.

Ключевые слова: гусеничный трактор, гидростатическая трансмиссия, резиноармированная гусеница, телеметрическая система, опорные катки.

Y.A. Kotsar, O.V. Kabanov

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Russia

PROSPECTS AND PROBLEMS OF MODERN DOMESTIC TRACTOR CONSTRUCTION

Annotation: The results of the analysis of the state of the tractor fleet of the Russian Federation are presented and the prospects for the development of domestic agricultural tracked tractors are proposed. The main directions are considered the possibility of using a hydrostatic transmission and integrating into it a control system and a choice of operating modes, as well as equipment for parallel driving. This combination will make it possible to obtain a robotic unmanned tractor. Another important component of the development of tracked agricultural tractors is the study

of the kinematics of the movement of the elements of the undercarriage system using rubber-reinforced tracks and the selection of optimal design solutions.

Keywords: tracked tractor, hydrostatic transmission, rubber-reinforced track, telemetry system, support rollers.

В настоящее время АПК страны испытывает острый дефицит тракторной техники и в первую очередь в гусеничной. При нормативной потребности в 10 тракторов на 1000 гектар пашни у нас три трактора, при этом один из них - импортный. Для сравнения в Беларуси 8, в Индии 12, в США 27, в Германии 83. [1, 2]. Нехватка сельскохозяйственных тракторов в какой-то мере компенсируется закупкой импортной техники и использованием колёсных тракторов большой мощности.

Учитывая острую потребность в тракторах на Алтайском заводе лесных машин осваивается производство гусеничного трактора ТЛС-6 и его модификаций. На Уралвагонзаводе в Нижнем Тагиле запущена программа восстановления производства универсального пропашного колёсного трактора РТМ.

Высокая потребность в гусеничных тракторах обусловлена тем, что повсеместное многолетнее использование тяжёлых колёсных тракторов типа «Кировец» привела к уплотнению почвы и снижению её плодородия [3, 4]. Старые модели гусеничных тракторов ДТ-75М и Т-4А морально устарели и не отвечают современным требованиям аграрного производства.

Для аграрного производства требуются тракторы нового поколения конкурентоспособных зарубежных. Проведённый анализ направлений развития мирового тракторостроения показал, что наиболее перспективными являются (рисунок 1): переход на гидростатическую трансмиссию (ГСТ) разработка гусеничных движителей с резиноармированной гусеницей (РАГ).

Гидростатическая трансмиссия (рис.1) в отличие от механической и гидромеханической трансмиссии (рис.2) обеспечивает плавное изменение тягово-скоростного режима в широком диапазоне. При этом двигатель работает в режиме постоянной мощности независимо от крюковой нагрузки и выполняемой сельскохозяйственной операции. Сдерживающим фактором применения ГСТ на тракторах сельскохозяйственного назначения являются:

- отсутствие методики обоснования и выбора тягово-скоростной характеристики ГСТ и мощности двигателя в соответствии с техническим заданием на проектирование трактора;

- выбор оптимального эксплуатационного режима трактора в составе МТА в диапазоне агротехнических требований на выполняемую сельскохозяйственную операцию.

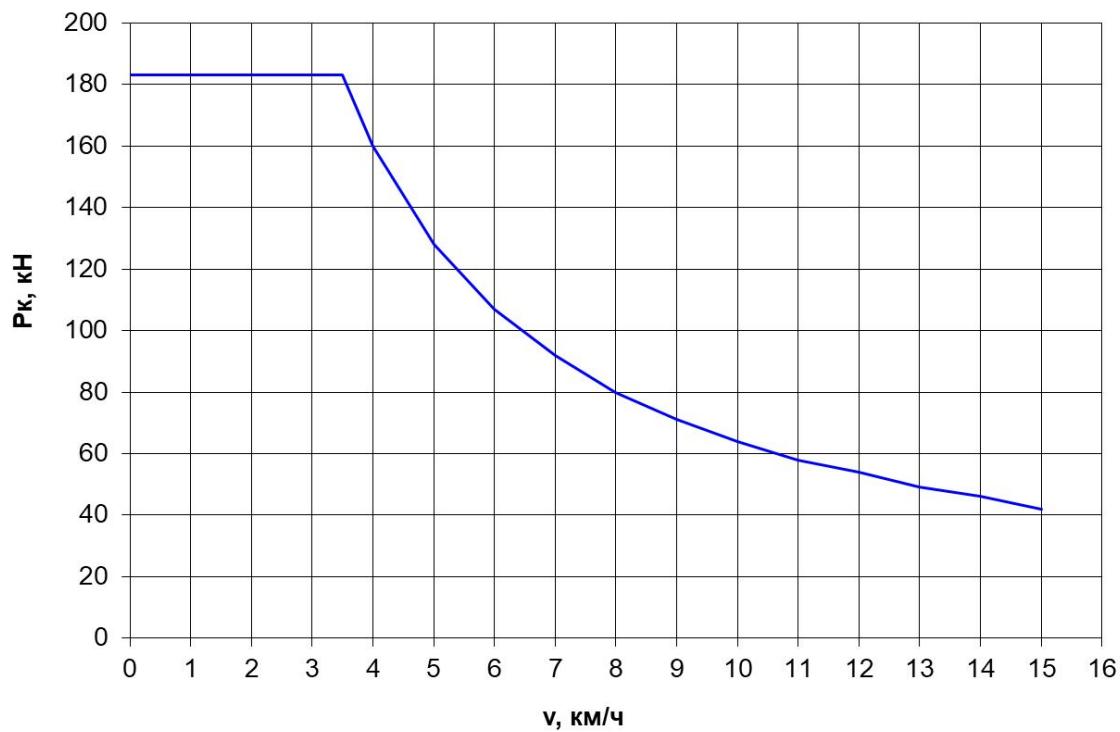


Рисунок 1. Тягово-скоростная характеристика ГСТ

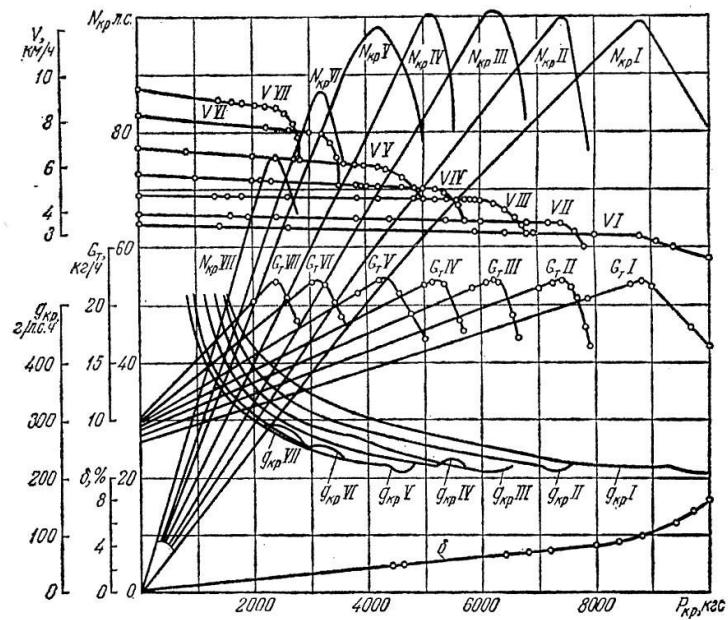


Рисунок 2. Типовая тяговая характеристика трактора

Задача выбора оптимального эксплуатационного режима решается путём интегрирования телеметрической системы ТС-1 в систему управления ГСТ (рис.3), который осуществляет выбор необходимого оптимального режима МТА. Применение ГСТ в совокупности с телеметрической системой является необходимым шагом при переходе на беспилотный вариант трактора сельскохозяйственного назначения. Управление движением трактора при

наличии ГСТ осуществляется механизатором при помощи джойстика (рис.3), который в зависимости от положения выдаёт определённый сигнал на контроллер управления двигателем и трансмиссией. При движении джойстика вперед-назад происходит изменение скорости движения или реверсирование. Телеметрическая система определяет оптимальный эксплуатационный режим и выдаёт сигнал, который отображается на экране монитора в графическом виде. При согласовании программ ГСТ и ТС-1 произойдёт автоматический выбор оптимального эксплуатационного режима.

Следующим шагом в создании беспилотного трактора является согласование системы параллельного вождения с системой управления направлением движения. Изменение направления движения осуществляется джойстиком при перемещении его вправо-влево: джойстик также формирует сигнал, который поступает в контроллер управления и далее на исполнительный механизм.

При согласовании бортового компьютера ГСТ, телеметрической системы и системы параллельного вождения функцией механизатора будет являться управление МТА при переездах и разворотах в сложных условиях.

Как было обозначено выше, еще одним вариантом развития тракторостроения является применение резиноармированных гусениц, для которых необходимо на основе всесторонних исследований доработать или разработать вновь ходовую тележку трактора. Резиноармированная гусеница устраняет неравномерность движения трактора и возникающие при этом вибрации его остова, которые характерны для движителя с металлической гусеницей, а также она имеет более высокий ресурс. Однако в процессе эксплуатации опытных гусеничных тракторов МТЗ с РАГ было выявлено следующее:

- повышенные затраты мощности на самопередвижение трактора;
- низкий ресурс резиноармированной гусеницы.

Анализ конструкции гусеничных движителей с металлической гусеницей и РАГ, а также их кинематику движения, выявил некоторые особенности.

В движителе с металлической гусеницей опорная каретка опирается на нижнюю её ветвь посредством парных катков (рис.4), установленных на одной оси. При этом нагрузка от веса трактора равномерно распределена между ними. Во время движения трактора недеформируемый металлический каток перекатывается по недеформируемой металлической поверхности. Сила сопротивления при этом незначительна.

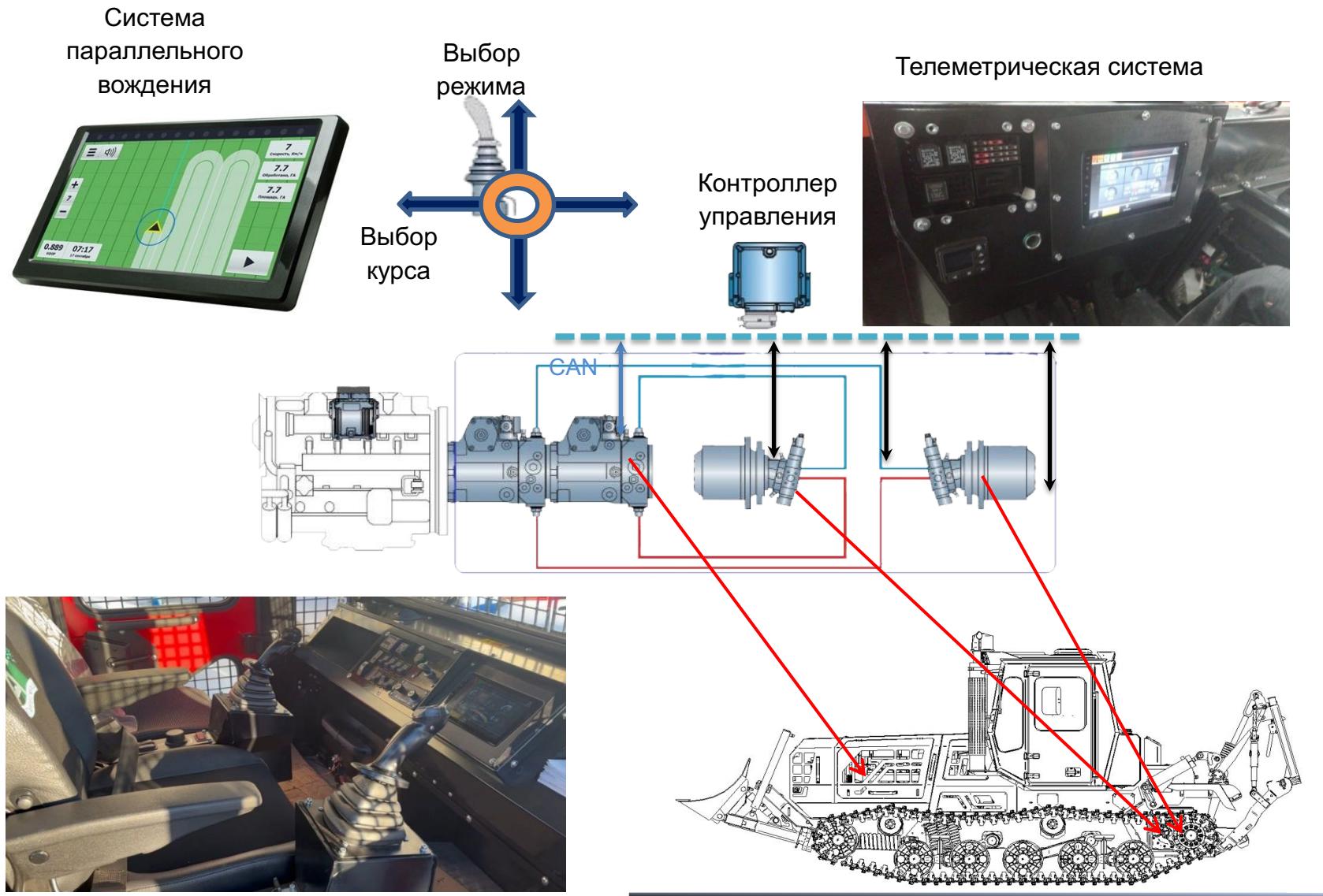


Рисунок 3. Интеграция системы управления трансмиссией и двигателем трактора с телеметрической системой и системой параллельного вождения

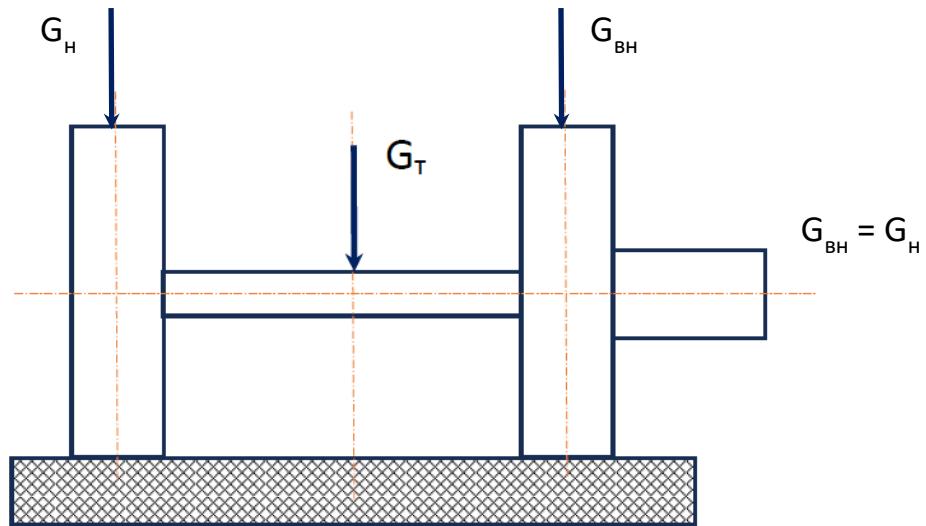


Рисунок 4. Схема загрузки катками металлической гусеницы

В движителе с РАГ металлические опорные катки находятся на разном расстоянии от точки приложения вертикальной (весовой) нагрузки и контактирует с деформируемой поверхностью резиноармированной гусеничной ленты (рис.5). Вследствие различия нагрузок, действующих на внутренний и наружный катки, деформация опоры различна, следовательно различен и их кинематический радиус качения. На изменение кинематических радиусов также влияет различная величина деформации почвы под гусеницей в точках контакта катка с ней. Так как опорные катки находятся на одной ступице и имеет одну угловую скорость и различные радиусы качения между ними возникает кинематическое несоответствие.

$$v_{bh} \neq v_h, \text{ т.к. } v_{bh} = \omega z_k$$

$$\text{а } v_{bh} = \omega z_{kh}, \text{ где } \omega = \text{const}$$

$$\text{и } r_{kh} \neq r_{kb}$$

где: v_h и v_{bh} - поступательные скорости наружной и внутренней опоры катка соответственно, если бы они имели независимое вращение и свободно перекатывались по гусеничной ленте.

Но т.к. их скорости равны и они установлены на одной ступице, одна опора будет стремиться забегать вперед, а вторая – тормозить. В результате этого будет возникать тормозной момент, который увеличивает силу сопротивления качению трактора и внутреннюю силу, растягивающую РАГ. Эта задача может быть решена конструктивным способом: обеспечив раздельное вращение опор катка.

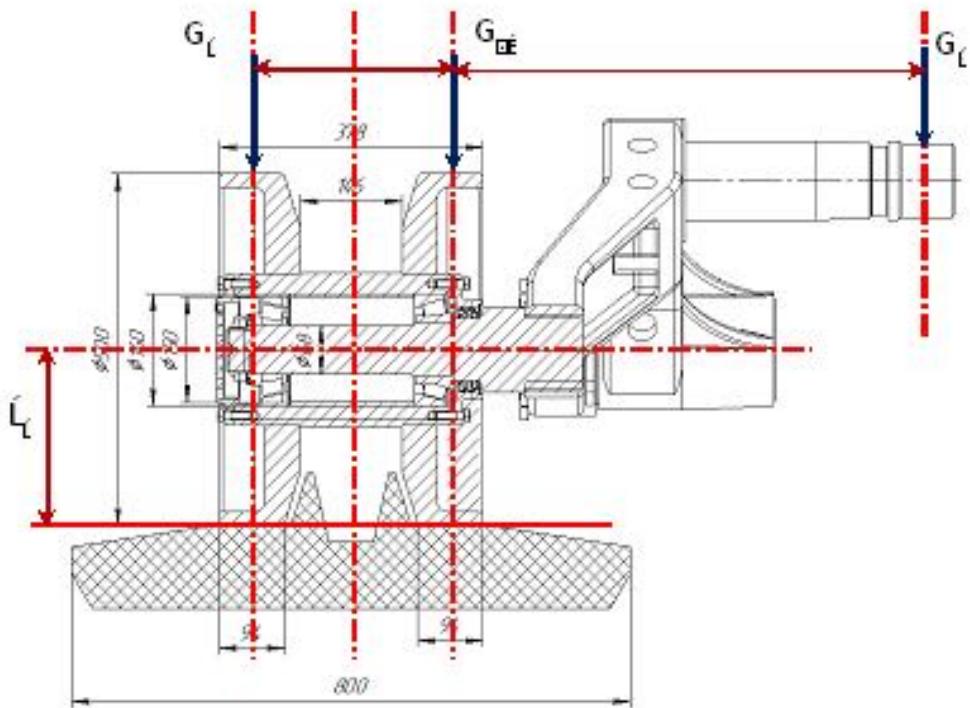


Рисунок 5. Схема загрузки катками РАГ

Список использованной литературы

1. Лизан, И.Ю. Дефицит тракторов. Научно исследовательский центр интеграции стран-участников Евразийского экономического союза «Союзный нарратив 2050». - 2021.// <https://www.sonar2050.org/>
2. Полухин, А.А. Тракторный падеж / А.А. Полухин// Агротехника и технологии. – 2013. №3 (31). – с.34-40
3. Окунев, Г.А. Воздействие машинных агрегатов на почву и тенденции формирования машинно-тракторного парка/ Г.А. Окунев, Н.А. Кузнецов, А.А. Бражников// Вестник ЧГАА. – 2014. Т.69. – с.51 – 54.
4. Окунев, Г.А. Результаты оценки воздействия движителей тракторов на почву / Г.А. Окунев, Н.А. Кузнецов, А.В. Адрианов// Вестник ЧГАА. – 2009. Т.54. – с.22 – 26.
5. Русанов, В.А. Проблема переуплотнения почв движителями и эффективные пути ее решения / В.А. Русанов. – М.: ВИМ, 1998. – 368 с.
6. Поливаев, О. И. Тракторы и автомобили. Теория и эксплуатационные свойства: учебное пособие [Текст] / В.П. Гребнев, О.И. Поливаев, А.В. Ворохобин; под. общ. ред. О.И. Поливаева. – 2-е изд., стер. – М.: КРОКУС, 2013 – 264 с. – (Бакалавриат и бакалавратура). ISBN 978-5-406-02653-3

7. Кутьков, Г. М. Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства: Учеб: учебник [Текст] / Г.М. Кутьков. – М.: КолосС, 2004 – 503 с.– ISBN 5-9532-0099-4
8. Тракторы. Конструкция: учебник для студентов вузов. 3-е изд., перераб. и доп. / В.М. Шарипов , А.В. Акимов, Д.В. Апелинский и др.;под общ. ред. В.М. Шарипова. — М.: Инновационное машиностроение, 2019 — 804 с.: ил. ISBN 978-5-907104-19-8

Научная статья
УДК 631.31

Д.А. Кочкудан, С.А. Кочкудан, С.И. Коновалов

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина,
Россия

СРАВНИТЕЛЬНАЯ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДИСКОВЫХ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ОРУДИЙ

Аннотация: в статье представлена краткая сравнительная оценка эффективности дисковых почвообрабатывающих орудий различных производителей на основе данных машиноиспытательных станций. Установлено, что большинство исследуемых орудий не обеспечивает требуемого качества обработки за один проход.

Ключевые слова: дисковое орудие, агротехнический параметр, эффективность

D.A. Kochkudan, S.A. Kochkudan, V.I. Konovalov

I.T. Trubilin Kuban State Agrarian University, Russia

COMPARATIVE AGROTECHNOLOGICAL ASSESSMENT OF DISK TILLAGE IMPLEMENTS

Annotation: the article presents a brief comparative assessment of the effectiveness of disk tillage implements from various manufacturers based on data from machine testing stations. It was found that most of the tools studied do not provide the required processing quality in one pass.

Keywords: disk tool, agrotechnical parameter, efficiency

Дисковые орудия, к числу которых относятся лущильники, бороны, мульчировщики, широко применяются для поверхностной и основной обработки почвы. Их эффективность определяется конструкцией рабочих органов, почвенно-климатическими условиями и технологией применения. В Краснодарском крае с его тяжелыми почвами наибольшее распространение получили бороны с индивидуальным креплением дисков, обладающие лучшей адаптивностью к рельефу и меньшей склонностью к забиванию по сравнению с батарейными. Однако, как показывают испытания, их агротехнические показатели часто не соответствуют нормативам.

Для сравнительной агротехнологической оценки дисковых почвообрабатывающих орудий использовали открытые базы с официальными отчетами об испытаниях на Алтайской, Кубанской и Северо-западной МИС [1, 5, 6]. При выполнении сравнительной оценки были рассмотрены следующие дисковые орудия: БДП-6×2П – двухрядная с вырезными сферическими дисками Ø560 мм; Carrier 820 – двухрядный дисковый культиватор с коническими дисками Ø450 мм; Catros – двухрядная борона со сферическими дисками Ø460/510 мм и регулируемой геометрией; Rubin 9/600 KUA – двухрядная борона с вырезными сферическими дисками Ø610 мм и большим углом наклона; БДМ 4×4П – четырехрядная борона с вырезными сферическими дисками Ø560 мм. Сводные данные по ключевым показателям качества работы представлены в таблице 1.

Анализ представленных данных показал, что модели с дисками большего диаметра, например, Lemken Rubin – 610 мм, демонстрируют лучшую работу на больших глубинах, а наличие вырезов на дисках способствуют более эффективному перерезанию растительных остатков. Увеличенный угол наклона диска к вертикали 22° для той же модели Lemken Rubin, способствует более интенсивному подъему и обороту пласта, улучшая крошение и перемешивание. Однако регулируемые углы атаки до 30° для отечественных производителей позволяют адаптировать орудие к разным условиям.

Таблица 1

Сравнительные агротехнические показатели дисковых орудий

Наименование показателя	Значение показателя				
	БДП-6×2П	Carrier 820	Catros	Rubin 9/600	БДМ-4×4П
Глубина обработки, см	до 15	11,2	8,5 - 10,2	10,1 - 12,0	7,7 - 11,9
Крошение почвы (агрегаты <25-50 мм), %	53,0 - 63,2	75,0	69,8 - 91,1	81,3 - 89,5	46,7 - 83,4*
Подрезание сорняков, %	94,3 - 95,5	100	100	100	100
Выравненность, см	4,0 - 4,8	2,6	1,6 - 1,8	1,5 - 2,0	2,1 - 3,4
Заделка остатков, %	89,1 - 90,7	100	76,2 - 88,3	61,9 - 62,5	-
Скорость, км/ч	9,7	13,2	8,5 - 14,9	8,8 - 11,5	8,5 - 10,3

*Примечание: - – показатель для фракции <25 мм. Для БДМ-4×4П улучшение крошения достигнуто со 2-го прохода

Шарнирное крепление секций (Catros, Carrier) и индивидуальные подпружиненные стойки (Lemken Rubin) повышают способность орудия копировать микрорельеф, обеспечивая равномерную глубину обработки и защищая от перегрузок. Четырехрядная схема БДМ-4×4П с увеличенным

междисковым расстоянием равным 400 мм минимизирует риск забивания на тяжелых почвах.

Основным лимитирующим показателем для всех орудий в тяжелых условиях является *крошение почвы*. Ни одна из представленных моделей не обеспечила стабильного достижения требуемого уровня в более чем 80-85% почвенных агрегатов размером до 25-50 мм за один проход.

Импортные модели Carrier, Catros, Rubin демонстрируют лучшие результаты по *подрезанию сорняков* и выравненности, но также часто не достигают нормы по крошению за один проход. Качественные показатели у Catros и Rubin достигаются при втором или третьем проходе. *Заделка поживных остатков* также является проблемным показателем, особенно для моделей Lemken Rubin $\approx 62\%$ и Catros $\approx 76\%$ при лущении [2-4].

Проведенная сравнительная оценка подтвердила, что в тяжелых почвенно-климатических условиях Краснодарского края современные дисковые орудия, как отечественные, так и импортные, в большинстве случаев не обеспечивают требуемого агротехнического качества обработки почвы (прежде всего, степени крошения) за один проход.

Ключевыми направлениями для повышения эффективности дисковых орудий являются:

- увеличение степени крошения почвы за счет оптимизации геометрии дисков (радиуса кривизны, типа лезвия) и силового воздействия на пласт.
- повышение степени заделки растительных остатков.

Список использованной литературы.

1. Коновалов, В. И. Конструктивные параметры и режимы работы дискового рабочего органа с изменяющимся радиусом кривизны : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Коновалов Владимир Иванович, 2021. – 176 с. – EDN WHLRWY.
2. Коновалов, В. И. Влияние конструктивно-технологических параметров дисковых рабочих органов на высоту гребня дна борозды / В. И. Коновалов, С. И. Коновалов, В. В. Жадько // Политехнический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 184. – С. 63-76. – DOI 10.21515/1990-4665-184-008. – EDN ZPNQIC.
3. Трубилин, Е. И. Теоретическое исследование способов повышения эффективности эксплуатации дисковых почвообрабатывающих орудий / Е. И. Трубилин, В. И. Коновалов, С. И. Коновалов // Труды Кубанского

государственного аграрного университета. – 2017. – № 65. – С. 165-171. – DOI 10.21515/1999-1703-65-165-171. – EDN YZMASP.

4. Konovalov, V. I. Comparative Agrotechnological Assessment of Disk Tillage Tools / V. I. Konovalov, S. I. Konovalov, A. Strakhov // E3S Web of Conferences : International Conference on Advances in Agrobusiness and Biotechnology Research (ABR 2024), Kuban State Agrarian University named after. I.T. Trubilina, 23–24 января 2024 года. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2024. – P. 01008. – DOI 10.1051/e3sconf/202449301008. – EDN THEHHC.
5. Konovalov, V. I. Analysis of research on soil destruction criteria during its interaction with working bodies / V. I. Konovalov // E3s web of conferences : International Conference on Advances in Agrobusiness and Biotechnology Research (ABR 2021), Krasnodar, Russia, 24–26 мая 2021 года. Vol. 285. – Krasnodar, Russia: EDP Sciences, 2021. – P. 07003. – DOI 10.1051/e3sconf/202128507003. – EDN UVDAVW. Konovalov, V. I. Influence of Design and Technological Parameters of Disk Working Bodies on the Height of the Crest of the Bottom of the Furrow / V. I. Konovalov, S. I. Konovalov // MATEC Web of Conferences. – 2021. – Vol. 346. – P. 03006. – DOI 10.1051/matecconf/202134603006. – EDN GBFJEM
6. Sokht, K. A. Uniformity of the soil tillage depth with tools with disk working bodies / K. A. Sokht, V. I. Konovalov // E3S Web of Conferences, Krasnodar, 30–31 мая 2023 года / Kuban State Agrarian University. Vol. 398. – Krasnodar: EDP Sciences, 2023. – P. 01012. – DOI 10.1051/e3sconf/202339801012. – EDN NTEYQB.

Научная статья
УДК 631.24.08

А.В. Левченко, Н.А. Андреев, Левченко Г.В., А.П. Абазин

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

ВЫБОР РАБОЧЕГО ОРГАНА ДЛЯ ОБРЕЗКИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ В ТЕПЛИЧНЫХ КОМБИНАТАХ

Аннотация. В статье представлено обоснование выбора статического прибора для обрезки растительных остатков в тепличных комбинатах, соблюдающее специфику условий защищённого грунта. Учитывая ограниченные габариты проходов ($\leq 1,2$ м), повышенную влажность воздуха (85–95 %), необходимость защиты конструкций (стеллажей, капельных линий) и требований к энергоэффективности, предлагается применение статической ножи без собственного привода, работающего по схеме бесподпорного резания. Проведен анализ и производственные испытания, подтвердившие, что предлагаемая конструкция обеспечивает полноту сечения 92–95 % при скорости движения 0,8–1,2 м/с, снижение энергопотребления на 100 % по сравнению с роторными аналогами, снижает себестоимость производства на 18 % и нагрузку рабочего процесса на 40 %. Результаты достигнуты с учетом технологической эффективности и гигиенической безопасности статических машин в условиях управляемых теплых хозяйств.

Ключевые слова: статический рабочий орган, обрезка растительных остатков, теплые комбинаты, бесподпорное резание, энергоэффективность, фитосанитарная обработка, механизация, защищённый грунт.

A.V. Levchenko, N.A. Andreev, G.V. Levchenko, A.P. Abazin

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

SELECTION OF A CUTTING MECHANISM FOR PLANT RESIDUE REMOVAL IN GREENHOUSE COMPLEXES

Annotation: The article presents the justification for selecting a static cutting mechanism for plant residue cutting in greenhouse complexes, taking into account the specific conditions of protected cultivation. Considering limited passage dimensions (≤ 1.2 m), high air humidity (85–95%), the need to protect structures (racks, drip lines),

and energy efficiency requirements, the proposed solution involves a static cutting mechanism without a dedicated drive system operating on the principle of unsupported cutting. Theoretical analysis and field trials confirmed that the design achieves 92–95% cutting completeness at a travel speed of 0.8–1.2 m/s, eliminates energy consumption for the cutting process compared to rotary alternatives, reduces operational costs by 18%, and decreases the mas.

Keywords: static cutting mechanism, plant residue cutting, greenhouse complexes, unsupported cutting, energy efficiency, phytosanitary treatment, mechanization, protected cultivation.

Выбор важного элемента рабочего органа для обрезки растительных элементов в тепличных комбинатах требует учета особых условий защищённого грунта: ограниченное пространство, высокая влажность, разнообразие типов растительных элементов (ботва томатов, огурцов, перца, корней), а также требований к гигиене, энергоэффективности и минимальному повреждению конструкций теплиц.

Тепличные комплексы накладывают жёсткие ограничения на выбор машин и оборудования [1]:

- ограниченная высота и ширина проходов (часто $\leq 1,2$ м);
- повышенная влажность воздуха (до 85–95 %), обеспечивающая защиту и снижение надежности жилых окон;
- наличие хрупких конструкций (стеллажи, капельные линии, датчики), которые легко повредить при вращении элементы;
- низкий поток работ — обрезка проводится 1–2 раза в год, что снижает требования к производительности, но повышает — к надежности и простоте обслуживания.

В тепличных блоках после сбора продукции остаются:

- мягкая, влажная ботва (томат, огурец, перец) — легко деформируется, обладает высокой пластичностью;
- деревенеющие стебли (особенно у томатов старше 60 дней) — прочные, упругие, с высоким пределом прочности на разрыв (до 80–120 МПа) [2];
- корневая система — часто запутана, частично в грунте;

Согласно исследованиям [3, 4], предел прочности при обрезке растительных остатков различных культур составляет:

- томат (зелёный стебель): 18–25 Н;
- огурец: 12–20 Н;
- древесный томат: 45–70 Н.

Для выполнения технологической операции при смене растений требуется универсальный, но износостойкий режущий рабочий орган, позволяющий эффективно работать как с мягкими, так и с частично одревесневшими стеблями растений.

В этих условиях статичный рабочий орган (например, нож-лезвие, закреплённый на раме) становится рациональным решением [5].

Статический орган не имеет собственного привода. Резание осуществляется за счет относительного движения между ножом и растительной массой, образующего поступательное перемещение тягача (трактора, культивационной электротележки и т.п.). Процесс осуществляется по схеме бесподпорного резания: стебли срезаются при проходе машины, как косой или серпом. Пример: нож, закреплённый под углом 30–45° по направлению движения, срезает ботву на поверхности грунта.

Преимущества статического рабочего органа в условиях закрытого грунта представлены в таблице 1.

Таблица 1

Обоснование преимущества статического рабочего органа

Критерий	Обоснование
Габариты и масса	Отсутствие привода, редуктора и вращающихся узлов позволяет снизить массу на 30–50 % и уменьшить ширину захвата до 0,6–0,8 м — что критично для узких межурядий
Энергопотребление	Потребляемая мощность снижается до нуля (не требуется привод резания), вся энергия идёт только на перемещение агрегата. Это особенно важно при использовании электрифицированной техники
Безопасность	Отсутствие вращающихся частей исключает риск повреждения тепличного оборудования, а также повышает безопасность обслуживающего персонала
Надёжность и обслуживание	Конструкция не содержит подшипников, уплотнений, ремённых передач — элементов, подверженных выходу из строя в условиях высокой влажности. Замена ножа занимает < 5 минут
Стоимость	Себестоимость статического органа в 2–3 раза ниже динамического аналога

Эффективность применения статического органа обеспечивается при соблюдении следующих условий [6]:

- скорость движения агрегата: 0,8–1,2 м/с — обеспечивает достаточную относительную скорость для чистого среза без выдёргивания корней;

- острота режущей кромки: угол заточки 25–30°, шероховатость режущей кромки $\leq Ra$ 1,6 мкм;
- тип растительных остатков: преимущественно мягкая, не одревесневшая ботва (огурец, томат до 60 дней, перец, салат);
- высота среза: 20–50 мм над уровнем грунта — исключает контакт с почвой и абразивный износ.

В ходе испытаний в АО «Совхоз–Весна» (Саратовская область, 2024 г.) статический нож из стали [7, 8] (Рис. 1), установленный на электрифицированной культивационной тележке показал:

- полнота среза: 92–95 % для огуречной и томатной ботвы;
- удельное тяговое сопротивление: 0,85–1,1 кН/м ширины захвата;
- ресурс ножа: до 1,2 га без переточки;
- отсутствие повреждений капельных линий и стеллажей.

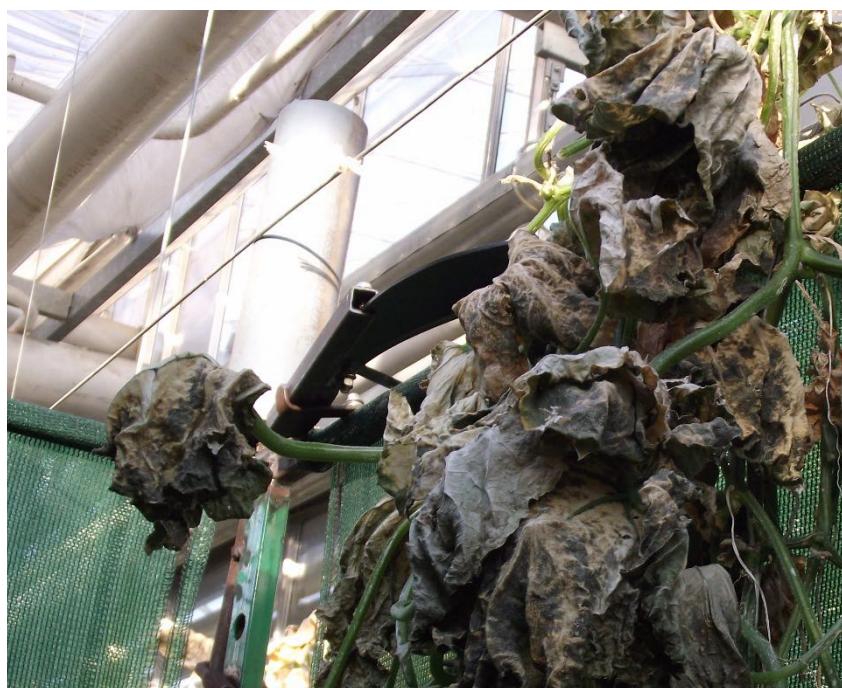


Рисунок 1. Экспериментальный образец режущего органа

Сравнение с роторным аналогом на 18 % меньшую себестоимость эксплуатации; на 100 % меньшее энергопотребление на операцию резания; на 40 % меньшую массу рабочего органа [9].

Выбор статического рабочего органа для обрезки растительных остатков в тепличных комбинатах является технически и экономически обоснованным решением при обработке мягкой, не одревесневшей растительной массы.

Основные преимущества - минимальные габариты, нулевое энергопотребление на резание, высокая надёжность и безопасность —

полностью соответствуют требованиям эксплуатации в условиях защищённого грунта.

Такой подход особенно перспективен при создании лёгкой, электрифицированной техники для автоматизированных тепличных хозяйств, где приоритетными являются точность, гигиена и энергоэффективность, а не максимальная производительность.

Список использованной литературы.

1. Петров А.В., Козлов И.С. Проблемы механизации работ в защищённом грунте // Тракторы и сельхозмашины. — 2022. — № 6. — С. 41–46.
2. Бутов Г.Н. Механические свойства сельскохозяйственных материалов. — М.: Агропромиздат, 1986. — 240 с.
3. Пустовойт Ю.В. Основы теории процессов резания в сельскохозяйственных машинах. — Краснодар: КГАУ, 2010. — 180 с.
4. Свиридов А.П., Голубкович А.И. Исследование процесса резания растительной массы // Тракторы и сельхозмашины. — 2015. — № 4. — С. 22–26.
5. ГОСТ 33973-2016. Машины и оборудование для сельского хозяйства. Термины и определения. — М.: Стандартинформ, 2016.
6. Иванов Р.К. Механизация фитосанитарных работ в тепличных комплексах // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. — 2023. — № 4. — С. 102–108.
7. Патент на полезную модель № 165935 У1 Российская Федерация, МПК A01D 23/00. Машина для обрезки тепличных растительных остатков шпалерных овощных культур : № 2016110174/13 : заявл. 21.03.2016 : опубл. 10.11.2016 / Н. А. Андреев, Г. В. Левченко, В. Ф. Левченко [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова". – EDN FTNRFR.
8. Патент на полезную модель № 186228 У1 Российская Федерация, МПК A01G 17/06. Устройство для обрезки шпалер : № 2018121056 : заявл. 07.06.2018 : опубл. 11.01.2019 / Н. А. Андреев, Г. В. Левченко, М. С. Елисеев, А. А. Кладов; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова". – EDN RGNVBT.

9. Смирнов Д.Н. Энергоэффективность технологий обработки растительной массы в защищённом грунте // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. — 2023. — № 2 (70). — С. 112–119.

Научная статья
УДК 631.812.12

С.А. Макаров, А.С. Берёзкин, И.В. Шишкин

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

МЕТОДЫ ГРАНУЛИРОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

Аннотация: на основе анализа литературных источников в статье представлены методы гранулирования органических удобрений, применяемых в тепличных хозяйствах.

Ключевые слова: органическое удобрение, гранулирование, гранулы.

S.A. Makarov, A.S. Berezkin, I.V. Shishkin

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

METHODS OF GRANULATION OF ORGANIC FERTILIZERS

Annotation: based on the analysis of literary sources, the article presents methods of granulating organic fertilizers used in greenhouses.

Keywords: organic fertilizer, granulation, granules.

Повышение плодородия почв и увеличение урожайности сельскохозяйственных культур является одной из важнейших задач сельскохозяйственного производства. Достижение этой цели за счёт использование минеральных удобрений приводит к снижению плодородия почв, потере гумуса, а также снижению качества продукции. В связи с этим возрастаёт потребность в использовании органических удобрений как средства улучшения плодородия почвы. Из применяемых органических удобрений наиболее перспективным является использование вермикомпоста, так как он по своим свойствам максимально приближен к гумусу почвы. Однако его применение, как и других видов органических удобрений в чистом виде зачастую неудобен и сложен.

Поэтому большой практический и экономический интерес представляют методы и средства улучшения качества органических удобрений, которые не усложняют технологический процесс и не требуют больших энергозатрат. К таким методам относятся производство гранулированных удобрений, которые

обладают хорошими физическими свойствами — меньше поглощают влагу из воздуха, не слеживаются, имеют хорошую сыпучесть. Это в значительной степени упрощает хранение и транспортировку удобрений, а также облегчает дозирование и уменьшает потери при их внесении.

Существуют несколько основных способов получения гранул из органических удобрений. гранулирование окатыванием (в барабанных или тарельчатых) и прессование (в вальцовых, роторных и шнековых грануляторах.

Гранулирование окатыванием — это один из наиболее распространённых методов получения гранул из сыпучих материалов, при котором мелкие частицы (порошок, шлам, пыль) скатываются в шарообразные гранулы под действием вращения барабана или диска и добавления связующего вещества (жидкости).

Окатывание включает следующие стадии: смачивание частиц материала связующим (водой, сульфит-спиртовой бардой, смесями с водой извести, глин, шлаков и других вяжущих материалов), в результате чего образуются отдельные комочки - агломераты частиц и происходит наслаждение мелких частиц на более крупные; уплотнение агломератов в слое материала [1]. Процесс осуществляют в барабанных и тарельчатых грануляторах.

В результате получаются гранулы правильной округлой формы. Недостатками способа являются: необходимость использования удобрений в порошкообразном виде и применения дополнительного связующих веществ; получение гранул высокой влажности, вследствие чего требуется дополнительная сушка удобрений. Данным способом осуществляют предпосевную обработку семян, нанося на них композиционный состав, состоящий из 0,5-5% полимерных водосорбентов, до 2% неорганических компонентов и до 95 % и органических компонентов (компост, торф) [3].

Гранулирование методом прессования основано на свойстве сыпучих материалов уплотняться под действием высоких давлений. При уплотнении материала под высоким давлением возможно также спекание твердых частиц в зоне деформации, химическое взаимодействие с образованием новых соединений. Полученный в результате уплотнения брикет (плитка или лента) дробится и направляется на рассев для отбора кондиционной фракции, являющейся готовым продуктом. [2]. Процесс осуществляют в прессах различных конструкций. В вальцовых прессах материал сжимается между двумя вращающимися вальцами. Вальцы могут быть гладкими для уплотнения и формирования пластика, так и рифлёными для получения конкретной формы гранул. Однако, для получения высокой степени уплотнения прессуемого материала необходимо несколько раз повторить процесс, или следует увеличивать диаметр вальцов, что ведет к увеличению материалоемкости конструкции [1].

В роторных и шнековых машинах материал прессуется за счёт его продавливания через матрицу (фильтеру). За счёт большего создаваемого давления в процессе прессования полученные гранулы имеют высокую плотность. Кроме того, производительность данных прессов при использовании материала влажностью выше 45% превышает производительность вальцовых и шестеренчатых, работающих в таких же условиях [1]. В результате прессования получаются цилиндрические гранулы, требующие последующего нарезки или измельчения. Недостатком данных машин является повышенный абразивный износ рабочих органов в процессе эксплуатации и необходимость соблюдать определённую влажность прессуемого материала. Данными методами гранулируют навоз, компосты, торф и мн. др.

Список использованной литературы

1. Киселев Н.Г. Повышение эффективности применения органоминеральных удобрений на основе куриного помета путем разработки технологии и технических средств их гранулирования: дис. канд. техн. наук техн наук: 05.20.01. - СПб, 2006. - 164 с.
2. Шкарпеткин Е. А. Анализ методов получения гранул и средств для их реализации // Наука и современность. - 2010. - №2-2. - С. 378-383.
3. Патент № 2246194 Российская Федерация А 01 С 1/00. Способ предпосевной обработки семян : № 2004104608/12 : заявл. 18.02.2004 : опубл. 20.02.2005 / Лужков Ю.М., Быков В.А., Винаров А.Ю., Джагаров Ш.А., Ипатова Т.В. – 10 с

Научная статья
УДК 631.333

А.М. Марадудин, П.И. Павлов

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

ОБЗОР ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ЛОКАЛЬНОГО ВНЕСЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

Аннотация: В статье представлен обзор технических средств, использующихся для локального внесения твердых органических удобрений под различные сельскохозяйственные культуры. На основании анализа приведенных конструкций сделан вывод о существовании перспективного направления совершенствования технологии и технических средств по локальному внесению твердых органических удобрений.

Ключевые слова: почвообработка, посев, органические удобрения, технология возделывания, внесение удобрений, техническое средство, комплексный агрегат.

A.M. Maradudin, P.I. Pavlov

Saratov State University of genetics, biotechnology and engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

REVIEW OF TECHNICAL MEANS FOR LOCAL APPLICATION OF ORGANIC FERTILIZERS

Annotation: The article provides an overview of technical means used for the local application of solid organic fertilizers for various agricultural crops. Based on the analysis of these designs, it is concluded that there is a promising direction for improving the technology and technical means for the local application of solid organic fertilizers.

Keywords: tillage, sowing, organic fertilizers, cultivation technology, fertilization, technical means, complex unit.

Введение. Внесение органических удобрений является необходимой агротехнической операцией, особенно при использовании интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Несмотря на более низкое в процентном отношении содержание полезных веществ по сравнению с минеральными удобрениями, органические удобрения способствуют

накоплению гумуса, тем самым улучшая структуру почвы и понижая ее кислотность, увеличивая поглотительную способность, влагоемкость и водопроницаемость, что в конечном итоге уменьшает водную и ветровую эрозии и усиливает биологическую активность микрофлоры [1]. Все это позволяет восстановить плодородие почвы, приблизив ее к естественному, «нетронутому» состоянию.

Методика исследований. Машины для внесения удобрений можно классифицировать в зависимости от сроков внесения на машины для основного внесения, припосевного внесения и подкормки [2]. По способу внесения различают агрегаты для разбросного и локального внесения удобрений [3].

При этом локальный способ более предпочтителен, так как значительно снижает неравномерность внесения удобрений, повышает их сохранность и доступность для растений, тем самым увеличивая урожайность. Результаты экспериментов показывают, что при локальном внесении удобрений расчетную дозу допускается снижать до 20 - 50% без потери урожайности [3].

В настоящее время промышленно выпускается широкий спектр машин для внесения минеральных удобрений как разбросным, так и локальным способом, использующихся при основной обработке почвы, совместно с посевом или с целью последующей подкормки растений. В случае применения твердых органических удобрений (ТОУ) число подходящих агрегатов значительно ниже, особенно для локального внесения. Это, в первую очередь, связано с тем, что необходимые для распределения объемы органических удобрений значительно превышают объемы минеральных.

Результаты исследований. Основное внесение твердых органических удобрений выполняется разбросным способом, для чего используются прицепы-разбрасыватели типа РОУ-6М, ПРТ-10, МТУ-18 или их зарубежные аналоги («LMR-AZENE» PTU-22D (Латвия); «Metal Fach» N272/2 (Польша); МТТ-9 (Республика Беларусь); «Fliegl Agrartechnik GmbH» ADS 120 (Германия); и др.), навесные разбрасыватели типа РПМ-4, РУМ-1000, МХЛ и др., или роторные разбрасыватели, например, РУН-15 [4,5]. Затем распределенные по поверхности органические удобрения заделываются в почву при помощи плугов, культиваторов или борон. У данного способа есть несколько недостатков: допускаемая неравномерность распределения удобрений по ширине составляет $\pm 25\%$, а по длине рабочего хода $\pm 10\%$, что вместе с неравномерностью по глубине, получаемой при заделывании, приводит к значительному варьированию содержания питательных веществ по площади поля. Также, если распределенные по поверхности органические удобрения не заделываются в почву более 2 часов, происходит потеря аммиачного азота, тем самым снижая эффективность данной операции. Согласно опытным данным [7], газообразные

потери азота при разбросном внесении и последующим перемешиванием с верхним слоем почвы могут составлять 15-30% от общего внесенного количества.

Локальный способ внесения удобрений лишен вышеуказанных недостатков, однако число технических средств, позволяющих его осуществить при использовании твердых органических удобрений, очень сильно ограничено.

Коллективом авторов [2] предложен новый способ внесения органических удобрений под картофель при посадке и агрегат для его осуществления (рис.1), включающий в себя трактора класса 1,4 (Беларус-82.1), картофелесажалку с приводом высевающих аппаратов от опорных колес (Л-201), машину для внесения органических удобрений на базе РОУ-6 и культиватор-окучник. Данный агрегат позволяет совместить два технологических процесса возделывания картофеля - локальное внесение органических удобрений и посадку картофеля в борозды с удобрением. Однако использовать его для локального внесения ТОУ при возделывании других культур даже при замене некоторых входящих в состав машин на более подходящие (например, картофелесажалку на сеялку) не представляется возможным.

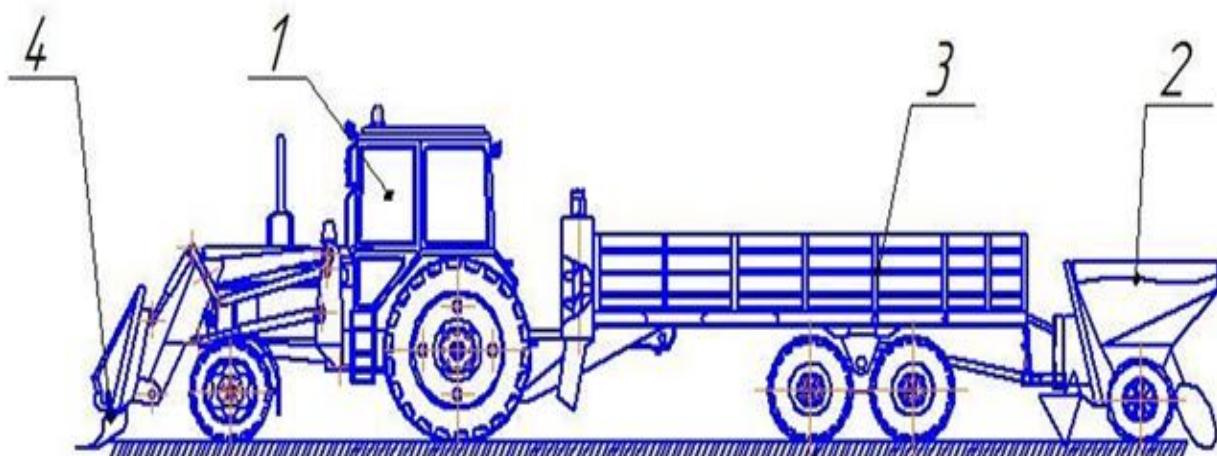


Рисунок 1. Комбинированный агрегат для локального внесения ТОУ: 1 – трактор тягового класса 1,4; 2 – картофелесажалка; 3 – машина для внесения органических удобрений; 4 – культиватор-окучник

Другое техническое решение [6], позволяющее совместить посадку картофеля и внесение органического удобрения в борозду с последующим

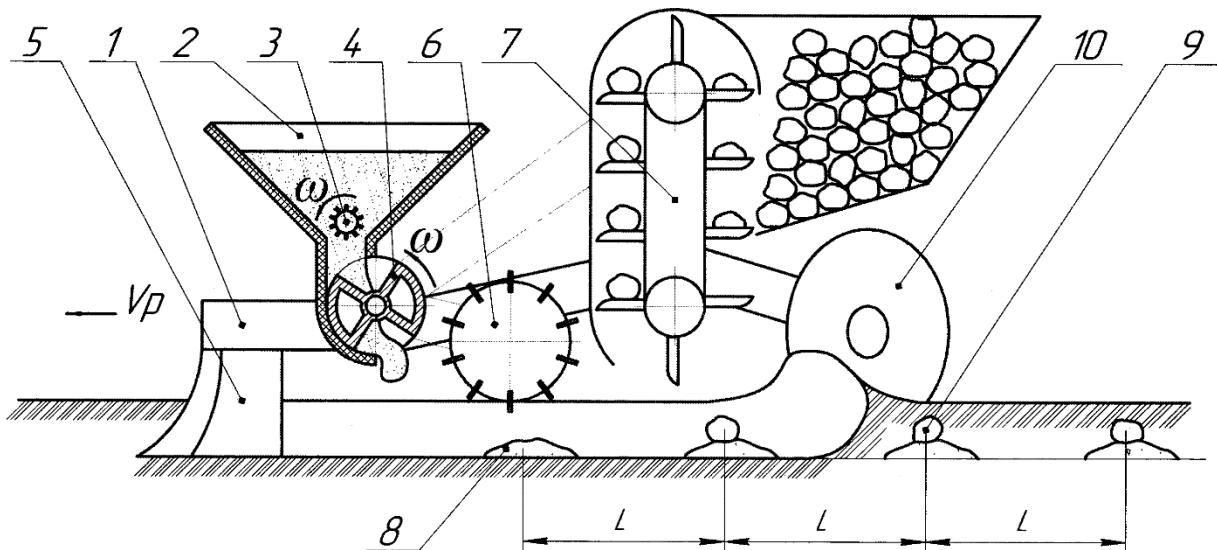


Рисунок 2. Схема механизма локального внесения сыпучих органических удобрений

закрытием почвой, представляет собой последовательно установленные на раме 1 (рис.2) бункер для сыпучих удобрений 2 с ворошителем 3, дозирующий барабан 4, сошник 5, приводное колесо 6, механизм высаживания клубней 7, загортач 10. При движении посадочного агрегата сыпучее органическое удобрение вносится в борозду дискретными частями с одинаковым шагом, равным шагу посадки клубней, что позволяет снизить нецелевое потребление питательных веществ сорняками, улучшив тем самым режим питания возделываемой культуры. Однако данный агрегат применим только для одной конкретной культуры, а сравнительно небольшой объем бункера для сыпучих удобрений снижает его производительность.

Еще один комбинированный агрегат [8], созданный на базе серийно выпускающейся машины АУ-М1 (рис.3), предназначен для дозирования и ленточного внесения гранулированных удобрений (минеральных, органических или их смесей) в предпосадочный и предпосевной периоды при возделывании картофеля и овощных культур. Он представляет собой последовательно установленные на раме 7 бункера для туков 5, рыхлительные лапы 1, диски для формирования гребней 2, катки 3 для профилирования гряд, лемешно-отвальные корпуса 4 для окучивания. Рама 7 дополнительно оснащена устройством для навески 8, опорно-приводными колесами 9 с редуктором 6 и винтовым регулятором 10. Такая конструктивная схема расширяет функциональность базового агрегата и создает возможность дополнительно вносить гранулированные органические удобрения локальным способом. Однако вносимые ТОУ должны обязательно иметь форму гранул и высокую

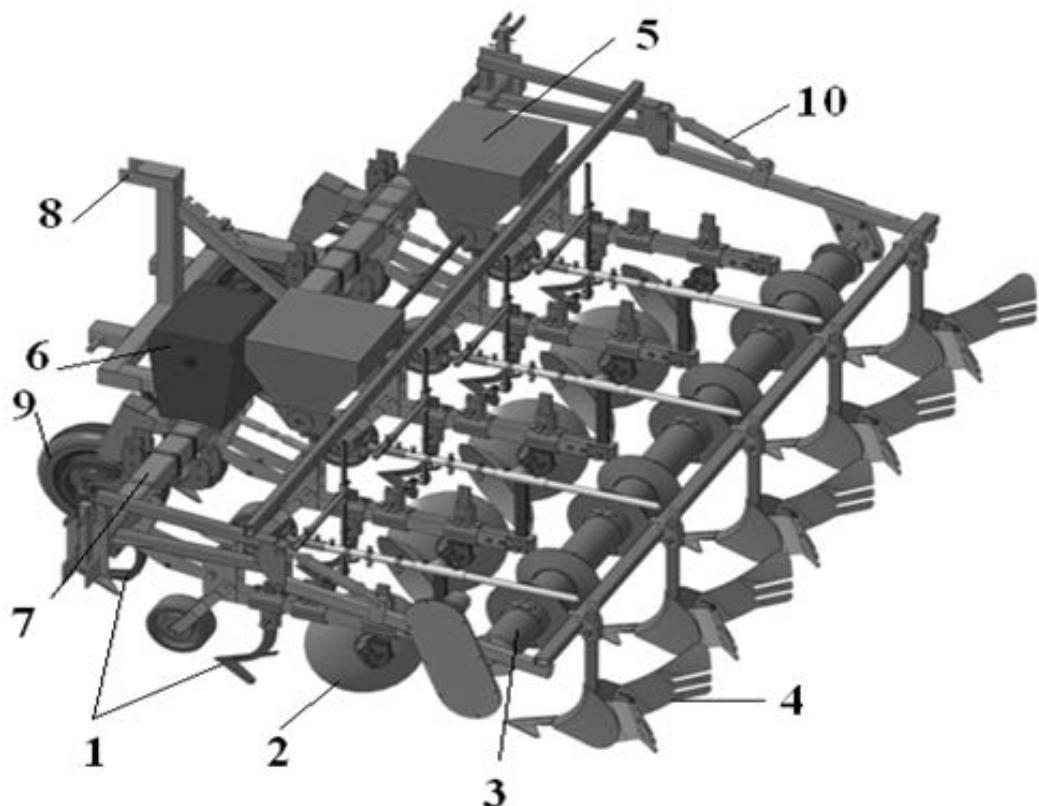


Рисунок 3. Комбинированная машина для внесения гранулированных удобрений и формирования гряд

концентрацию питательных веществ, иначе размеры бункеров для туков будут недостаточны при продолжительной работе. Также данный агрегат не подходит для зерновых и пропашных культур.

Известна конструкция агрегата для внесения ТОУ [9], представляющая собой смонтированный на шасси кузов (рис.4) с расположенным в нем транспортером, измельчающим органом, шнековым распределителем удобрений с витками левосторонней и правосторонней направленности, и

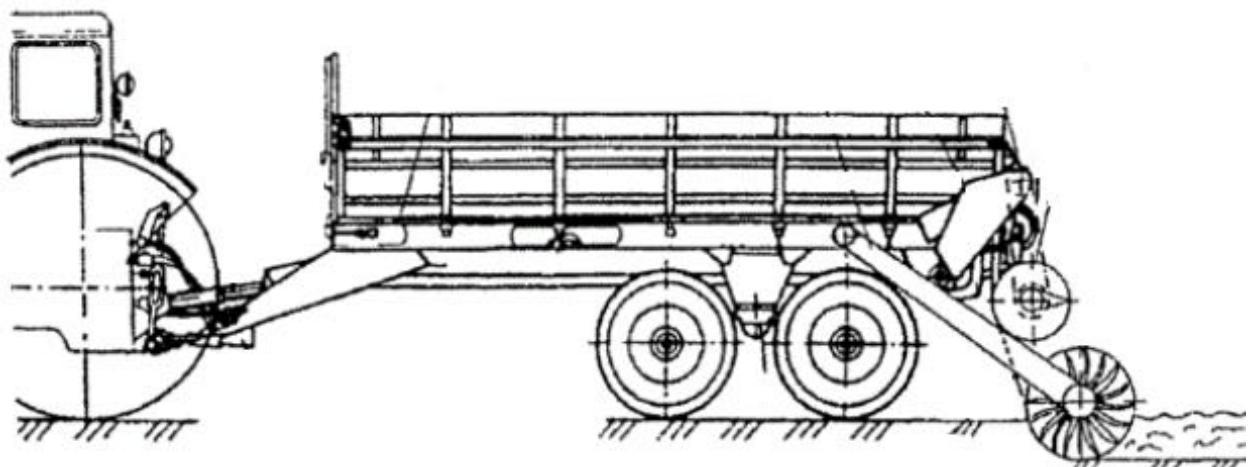


Рисунок 4. Агрегат для внесения ТОУ

шарнирно прикрепленным к кузову рыхлительным барабаном-смесителем, состоящим из зубовых дисков с зубьями, выполненными по параболам с закрепленными на наружной стороне обратными ножами. Такая конструкция способствует равномерному распределению любых видов ТОУ и их заделку в корнеобитаемый слой почвы.

Похожую конструкцию (рис.5) имеет машина для внесения в почву ТОУ [10], отличающаяся тем, что измельчающий орган представляет собой барабан с заостренными ножами, закрепленными по линиям многозаходного винта на периферии, под которым установлена противорежущая пластина с заостренной кромкой. Следующее за ним распределяющее устройство выполнено в виде скребкового двухрукавного транспортера, перемещающего удобрения в левую и правую сторону от

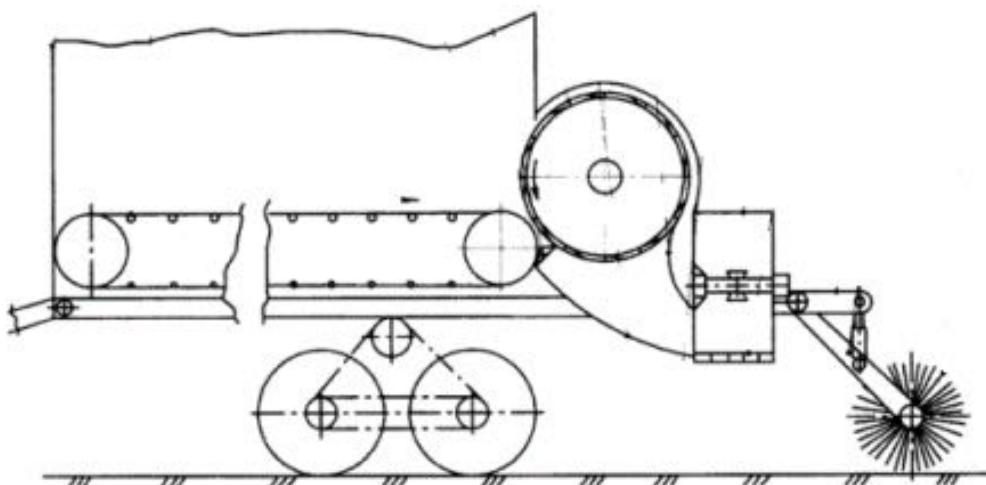


Рисунок 5. Машина для внесения в почву ТОУ

центра кузова. Нижняя часть транспортера представляет собой решето, через которое удобрение проходом попадает на поверхность поля. К задней части рамы на наводках, снабженных гидроцилиндрами, крепится игольчатая борона, осуществляющая заделку удобрений на глубину погружения игл бороны, тем самым создавая плодородный верхний слой почвы. Привод всех активных рабочих органов осуществляется от гидросистемы трактора. Такая конструкция обеспечивает повышение качества измельчения удобрений за счет варьирования частоты вращения ножевого барабана, и снижение энергоемкости на распределение удобрений по поверхности поля за счет использования скребкового транспортера.

Общим недостатком двух вышеуказанных конструкций является то, что органические удобрения, хоть и перемешиваются с верхним слоем почвы, все же частично остаются на поверхности, не проникая в нижние слои. В этом случае только верхний слой почвы насыщается органикой и питательными веществами,

а нижние слои остаются без питания. Питательные вещества в этом случае будут частично теряться вследствие эрозионных и климатических процессов, а также нецелевого поглощения сорной растительностью.

Заключение. На основании выполненного обзора можно сделать вывод, что локальный способ внесения удобрений имеет ряд преимуществ по сравнению с разбросным. В настоящее время серийно выпускающиеся образцы техники позволяют вносить твердые органические удобрения разбросным способом с последующей заделкой их в почву. Данный способ предусматривает две технологические операции (распределение удобрений по поверхности почвы, их заделка на определенную глубину), к недостаткам которых можно отнести неравномерность распределения удобрений, частичную потерю питательных веществ из-за временного разрыва между операциями, высокие трудозатраты и затраты на топливо-смазывающие материалы.

Серийно выпускающиеся агрегаты для локального внесения твердых органических удобрений в настоящее время практически отсутствуют. Технические средства, способные выполнять данную задачу, находятся либо в состоянии запатентованной идеи, либо экспериментального агрегата, при этом обладая определенными недостатками.

Поэтому разработка новых комбинированных агрегатов, способных за один проход по полю выполнять предпосевную подготовку почвы, локальное внесение ТОУ и посев, является новым, несомненно перспективным направлением совершенствования технологии внесения твердых органических удобрений и средством повышения урожайности сельскохозяйственных культур и восстановления плодородия почвы естественным способом.

Список использованной литературы

1. Вильдфлущ, И.Р. Агрохимия. Удобрения и их применение в современном земледелии: учебно-методическое пособие / И.Р. Вильдфлущ, В.В. Лапа, О.И. Мишуря; под ред. И.Р. Вильдфлуша. – Горки: БГСХА, 2019. – 405 с. – ISBN 978-985-467-934-1.
2. Юнин, В.А. Способ и техническое средство для локального внесения твердых органических удобрений при посадке картофеля / В.А. Юнин, А.М. Захаров, Н.Н. Кузнецов и др. // АгроЭкоИнженерия. – 2020. – №4 (105). – С.62-78. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sposob-i-tehnicheskoe-sredstvo-dlya-lokalnogo-vneseniya-tverdyh-organicheskikh-udobreniy-pri-posadke-kartofelya> (дата обращения: 08.09.2025).
3. Зыкун, А.С. О локальном внесении удобрений / А.С. Зыкун, В.С. Лахмаков // Молодежь в науке - инновационный потенциал будущего: Сейфуллинские

чтения - 12: материалы Республиканской научно-теоретической конференции, Астана, 22 апреля 2016 г. – Астана: КАТУ, 2016. – С. 25-28. – URL: <https://rep.bsatu.by/handle/doc/14725> (дата обращения: 08.09.2025).

4. Марченко, Н.М. Механизация внесения органических удобрений / Н.М. Марченко, Г.И. Личман, А.Е. Шебалкин. – М.: ВО "Агропромиздат", 1990 – 207 с. – ISBN 5-10-001380-X.
5. Виневский, Е.И. Оценка конкурентоспособности отечественных и зарубежных машин для внесения твердых органических удобрений / Е.И. Виневский, С.К. Папуша, А.Ю. Николенко // Научный журнал КубГАУ. – 2022. – №180. – С.1-10. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-konkurentosposobnosti-otechestvennyh-i-zarubezhnyh-mashin-dlya-vneseniya-tverdyh-organicheskikh-udobreniy> (дата обращения: 08.09.2025).
6. Механизм локального внесения сыпучих органических удобрений: патент № RU210858U1 Российская Федерация; заявл. 06.05.2021; опубл. 11.05.2022 / А.А. Редкокашин, А.Д. Кравченко, А.В. Редкокашина.
7. Трапезников, В.К. Локальное питание растений / В.К. Трапезников, И.И. Иванов, Н.Г. Тальвинская. – Уфа: Гилем, 1999. – 260 с. – ISBN 5-7501-0130-4.
8. Оборудование для дозирования и ленточного внесения удобрений к универсальному агрегату АУ-М1 / А. И. Филиппов [и др.] // Вестник Барановичского государственного университета. Серия: Технические науки. – 2020. – № 8. – С. 119-127. – URL: <https://rep.bsatu.by/bitstream/doc/15786/1/Oborudovanie-dlya-dozirovaniya-i-lentochnogo-vneseniya-udobrenij-k-universalnomu-agregatu-AU-M1.pdf> (дата обращения: 08.09.2025).
9. Агрегат для внесения твердых органических удобрений: патент № RU2545960C2 Российская Федерация; заявл. 12.02.2013; опубл. 20.08.2014 / В.Г. Абезин, А.Л. Сальников, В.Н. Руденко, О.Н. Беспалова.
10. Машина для внесения в почву твердых органических удобрений: патент № RU2609908C1 Российская Федерация; заявл. 27.10.2015; опубл. 07.02.2017 / В.Г. Абезин, В.Н. Беляков, В.А. Моторин и др.

Научная статья
УДК 621.835

E.B. Мищенко, Е.А. Толубеев

Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парамахина, Орел, Россия

СОВРЕМЕННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ КУЛАЧКОВЫХ МЕХАНИЗМОВ И ИХ МЕСТО В МАШИНОСТРОЕНИИ

Аннотация: В статье проанализировано современное применение кулачковых механизмов на примере одного из главных механизмов двигателя внутреннего сгорания – механизма газораспределения. Рассмотрено строение, классификация, принцип работы и направления совершенствования его конструкции.

Ключевые слова: машиностроение, распределительный вал, кулачок, толкатель, механизм газораспределения, двигатель внутреннего сгорания.

E.V. Mishchenko, E.F. Tolubeev

Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin, Orel, Russia

THE MODERN USE OF CAM MECHANISMS AND THEIR PLACE IN MECHANICAL ENGINEERING

Annotation: The modern application of cam mechanisms using the example of one of the main mechanisms of an internal combustion engine – the valve operating mechanism – is analyzed in the article. The structure, classification, principle of operation and improvement directions of its design are considered.

Keywords: mechanical engineering, camshaft, cam, tappet, valve operating mechanism, internal combustion engine.

Кулачковый механизм представляет собой механизм, предназначенный для преобразования поступательного или вращательного движения кулачка в возвратно-вращательное, а также в возвратно-поступательное движение толкателя (рис. 1) [1].

Кулачковые механизмы появились в Китае в 600 годах до нашей эры в виде спускного механизма арбалета (рис. 2), но, несмотря на свое старинное происхождение, они не теряют свою актуальность и в наше время.

Очень часто кулачок является либо неотъемлемой частью эксцентрикового колеса или же частью вала, которая ударяет по рычагу в одной или нескольких точках круговой траектории. Толкатель – это выходное звено кулачкового механизма, которое совершает поступательное движение. Толкатель взаимодействует с кулачком своими наконечником

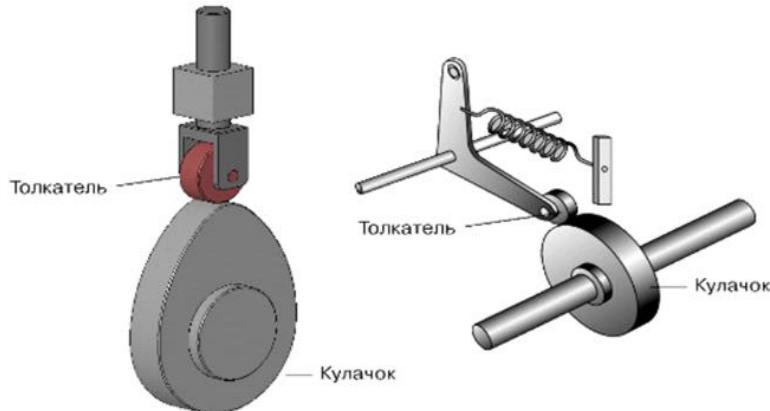


Рисунок 1. Кулачковый механизм

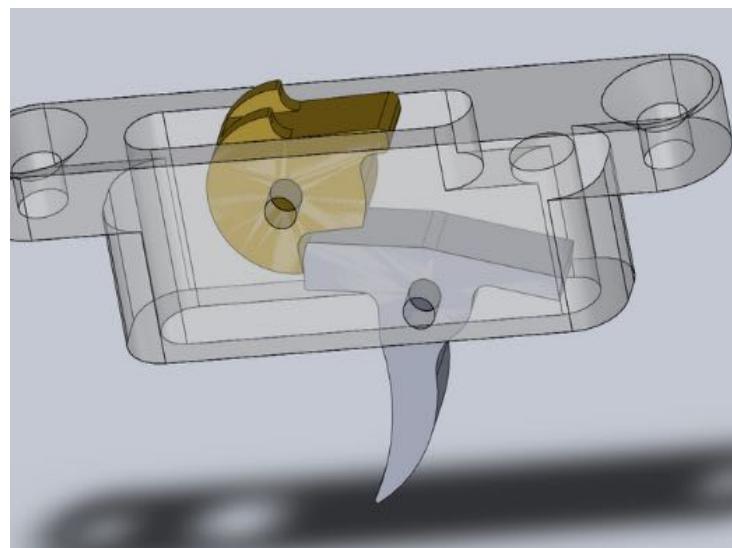


Рисунок 2. Спусковой механизм арбалета

(в некоторых источниках его называют «башмаком»), который может быть острым, плоским, грибовидным и роликовым [2-3].

Кулачковые механизмы нашли свое место в машиностроении, в частности в одном из самых главных механизмов двигателя внутреннего сгорания (ДВС) – механизме газораспределения (ГРМ). Он представляет собой совокупность деталей и узлов, обеспечивающих открытие и закрытие впускных и выпускных клапанов двигателя в определённый момент времени. Основной функцией данного механизма является своевременный впуск в цилиндры двигателя воздуха (дизельные типы двигателей) или топливно-воздушной смеси

(бензиновые типы двигателей) и выпуск продуктов горения смеси через выпускные клапаны.

В 50-х годах прошлого века благодаря своей дешевизне и простой конструкции на легковые и грузовые автомобили устанавливали двигатели с нижним расположением распредвала и клапанов, которые еще называли нижнеклапанный ГРМ (рис. 3) [4]. Все детали такого двигателя находились внутри чугунного блока, клапаны направлены своими тарелками вверху.

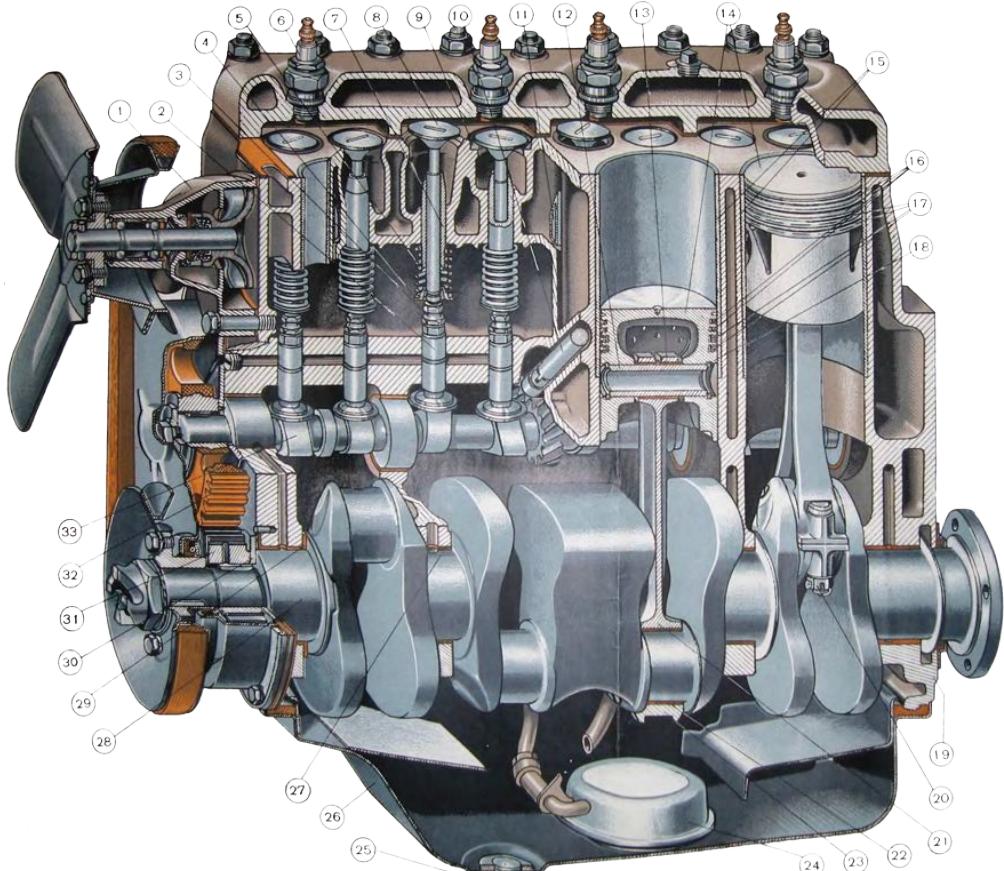


Рисунок 3. Двигатель автомобиля ГАЗ –М-20 с нижним расположением клапанов и распределительного вала: 1 – водяной насос, 2 – толкатель, 3- регулировочный болт толкателя, 4 – тарелка пружины, 5 – пружина клапана, 6 – запальная свеча, 7 – втулка клапана, 8 – выпускной клапан, 9 – жароупорное седло выпускного клапана, 10 – валик распределителя зажигания, 11 – водораспределительная труба, 12 – поршневой палец, 13 – втулка шатуна, 14 – поршень, 15 – гильза цилиндра, 16 – компрессионное кольцо, 17 – маслосъемное кольцо, 18 – спорное кольцо, 19 – крышка заднего коренного подшипника, 20 – гайка шатуна, 21 – шатун, 22- вкладыши шатуна, 23 – крышка шатуна, 24 – маслоприемник, 25 – пробка для слива масла из двигателя, 26 – масленый поддон, 27 – вкладыши коренного подшипника, 28 – коленчатый вал, 29 – упорное кольцо подшипника, 30 – упорная шайба коленчатого вала, 31 – шестерня коленчатого вала, 32 – шестерня распределительного вала, 33 – распределительный вал

Также в подобном двигателе полностью отсутствуют промежуточные передаточные звенья между кулачками распредвала и клапанами. Но подобная конструкция не получила широкого распространения, хотя и устанавливалась на

некоторые советские (ГАЗ-20 и ЗИЛ-164) и западные автомобили (Ford Flathead V8, Cadillac Model 51).

У ГРМ с нижним расположением клапанов имеются следующие недостатки: перевёрнутые кверху клапаны, специфическая компоновка впускного и выпускного трактов, приводящая к снижению удельных характеристик двигателя, сложный путь топливовоздушной смеси, поток которой при входе в цилиндр резко меняет направление своего движения, при этом повышается сопротивление на впуске и значительно ухудшается наполнение цилиндров, в особенности на высоких оборотах.

Следующим шагом, ставшим настоящим прорывом в автомобилестроении была конструкция, разработанная американским изобретателем и предпринимателем Дэвидом Данбаром Бьюиком (рис. 4) [5] в начале 20 века – это ГРМ с верхним расположением клапанов (рис. 5) [6-7].

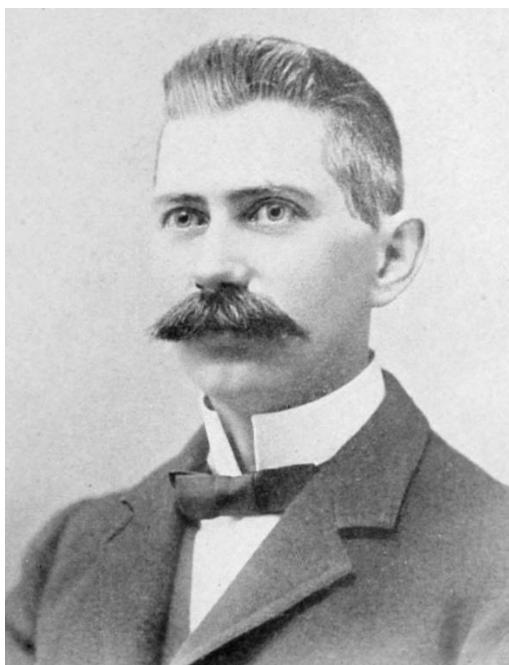


Рисунок 4. Дэвид Данбар Бьюик – создатель двигателя с верхним расположением клапанов «Valve-in-Head»

Он приобрел широкое распространение, поскольку его применение позволяло получить компактную камеру сгорания, обеспечивая тем самым наилучшее наполнение цилиндров горючей смесью, а также облегчить регулировку тепловых зазоров (расстояние между кулачком механизма и толкателем, которое закладывается и предназначено для компенсации теплового расширения деталей при их работе и нагреве), кроме того, верхнее расположение клапанов позволило упростить ремонт и обслуживание

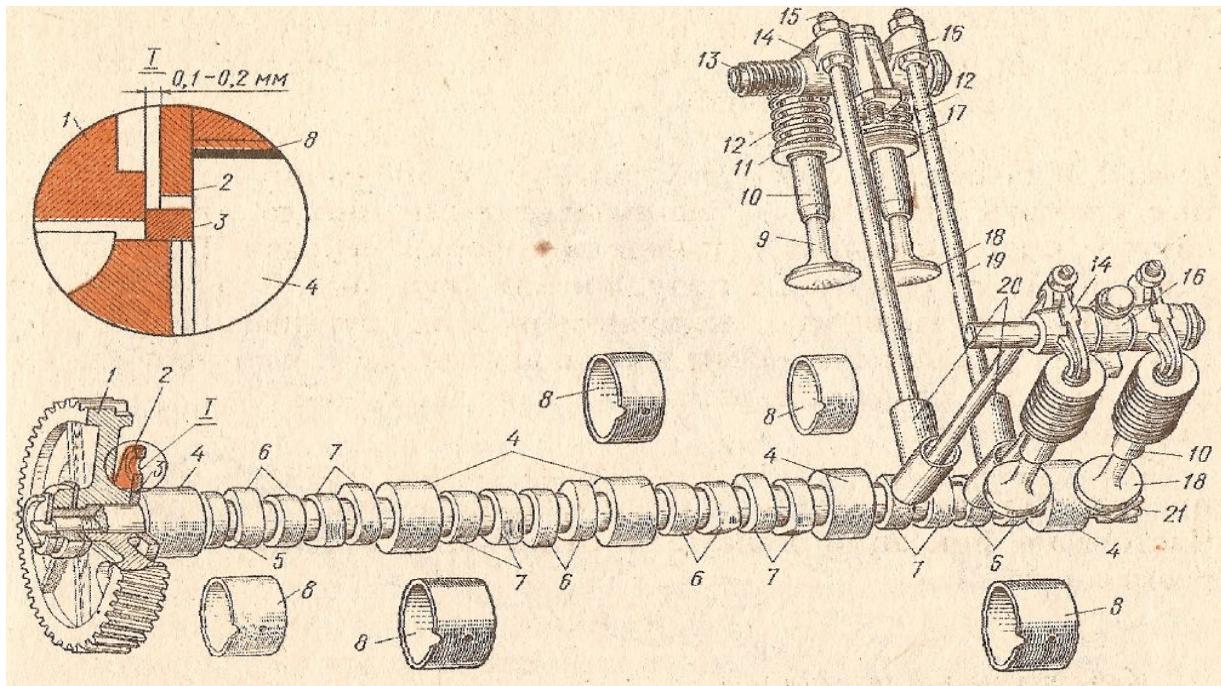


Рисунок 5. ГРМ автомобилей с верхним расположением клапанов (ЗИЛ-130):
 1 – шестерня распределительного вала, 2 – упорный фланец, 3 – распорное кольцо, 4 – опорные шейки, 5 – эксцентрик привода топливного насоса, 6 – кулачки выпускных клапанов, 7 – кулачки впускных клапанов, 8 – втулки, 9 – выпускной клапан, 10 – направляющая втулка, 11 – упорная шайба, 12 – пружина, 13 – ось коромысел, 14 – коромысло, 15 – регулировочный винт, 16 – стойка оси коромысел, 17 – механизм поворота выпускного клапана, 18 – выпускной клапан, 19 – штанга, 20 – толкатели, 21 – шестерня привода масляного насоса и прерывателя – распределителя

двигателя, а также позволило не только уменьшить массу ДВС, но и намного снизить уровень шума при его работе. В конечном итоге инженерам удалось увеличить количество клапанов с 4 до 16-24, установив для каждой группы клапанов свой собственный распределительный вал.

Однако у данной конструкции есть и недостатки:

- сложность доступа для обслуживания;
- увеличение вероятности загрязнения;
- ограниченный доступ для регулировки и настройки;
- возможность повреждения клапанов при выходе их из строя или при неправильной настройке ГРМ;
- большая нагрузка на приводной ремень или цепь ГРМ из-за увеличенного числа клапанов и их управляющих механизмов;
- большой вес и габариты головки цилиндра из-за сложной конструкции и увеличенного количества деталей.

Конструкция ГРМ состоит из следующих взаимосвязанных между собой компонентов [8]:

- Распределительный вал (рис. 6) – это конструктивно сложная деталь ГРМ, которая изготавливается из достаточно прочного стального сплава или из чугуна.



Рисунок 6. Распределительный вал автомобиля ВАЗ-2106

- Ременный или цепной привод (рис. 7). Он применяется для соединение распределительного вала с коленчатым валом, тем самым обеспечивая связь между открытием и закрытием клапанов и движением самого поршня.

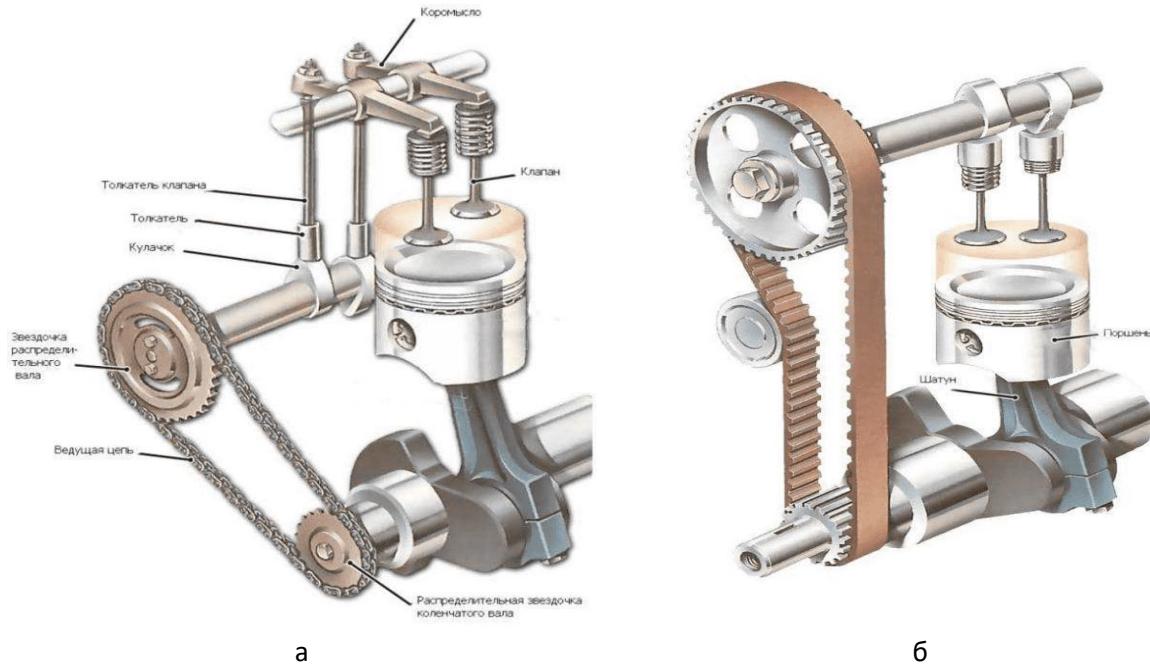


Рисунок 7. Цепной (а) и ременный (б) приводы ГРМ

- - Впускные и выпускные клапаны (рис. 8). Состоят из тарельчатой плоской головки и стержня. Диаметр головки впускного клапана больше, клапан изготавливается из хромистой стали, а выпускные клапаны имеют меньший диаметр и изготавливаются из жаропрочной стали. Также в двигателях автомобиля ЗИЛ-130 выпускные клапаны (рис. 9) принудительно поворачиваются при работе, что полностью предотвращает их заедание и обгорание горячей смесью отработавших газов на такте выпуска.



Рисунок 8. Впускные (справа) и выпускные (слева) клапаны компании Mercedes-Benz

- Толкатели – промежуточное звено высшей кинематической пары кулачкового механизма и механизма газораспределения (рис. 10). Они необходимы для передачи энергии от кулачка к клапанам.

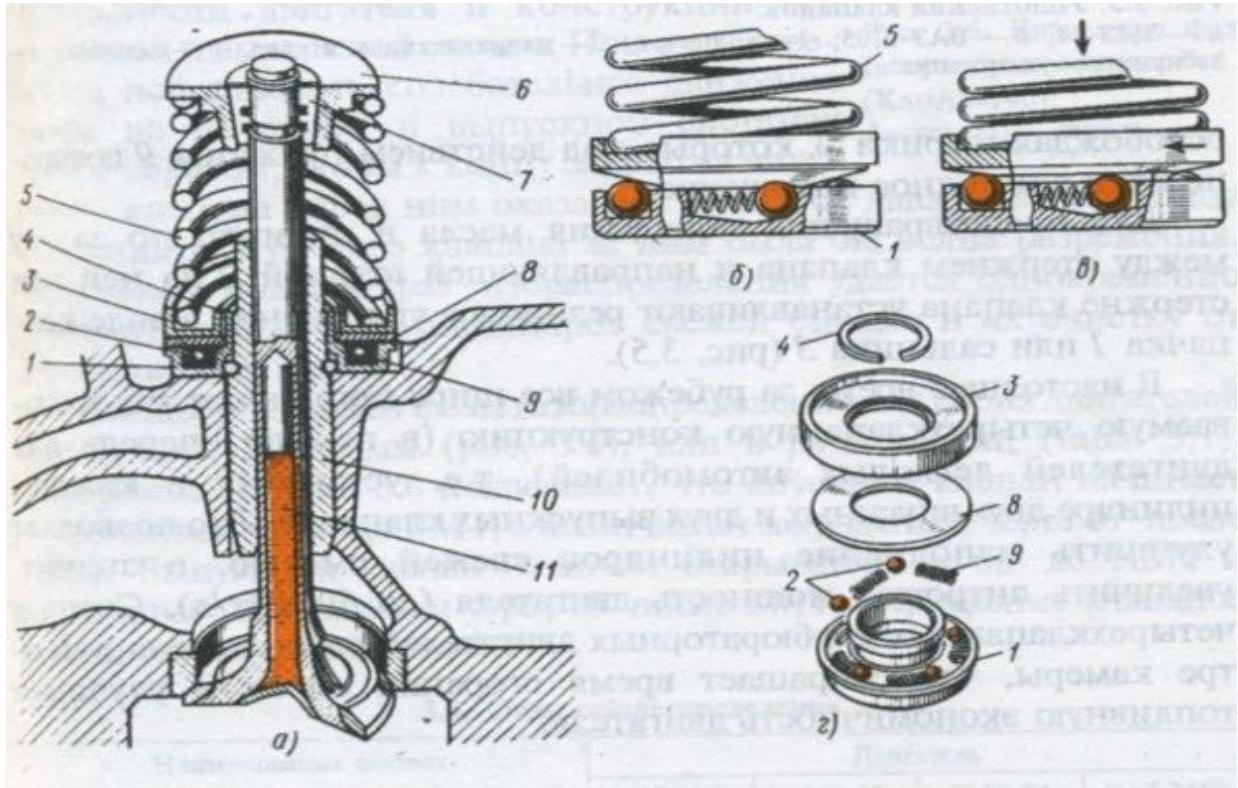


Рисунок 9. Выпускной клапан (ЗИЛ-130): а – выпускной клапан, б – клапан закрыт, в – клапан открыт, г – детали поворотного механизма; 1 – неподвижный корпус механизма поворота, 2 – шарики, 3 – опорная шайба, 4 – замочное кольцо, 5 – пружина клапана, 6 – упорная шайба пружины, 7 – сухарики, 8 – дисковая пружина, 9 – возвратная пружина, 10 – направляющая втулка, 11 – металлический натрий (он помогает быстрее рассеивать тепло)

Их изготавливают из стали или чугуна, а также они имеют наплавленную пятку, которая соприкасается с кулачком.



Рисунок 10. Толкатель клапанов для двигателей американской компании Cummins ISF (с роликом)

- - Штанги клапанов (рис. 11) изготавливают полыми из стали или из алюминиевого сплава со стальными сфeroобразными наконечниками, которыми штанга упирается с одной стороны в толкатель, а с другой – в сферическую поверхность регулировочного винта.



Рисунок 11. Штанги клапанов двигателя ЗМЗ-402 для автомобилей «Волга», «ГАЗель», микроавтобусы «Латвия» и УАЗ

- - Коромысло (рис. 12) в ГРМ используется для преобразования движения распределительного вала в открытие и закрытие клапанов. Изготавливают их из стали или чугуна.



Рисунок 12. Коромысло легковых и грузовых автомобилей ГАЗ-2410, ГАЗ-66 и ГАЗ-53

Кроме основных узлов это устройство укомплектовано следующими дополнительными элементами, что также входят в ГРМ:

- пружины – нужны для возврата клапанов в исходную позицию после срабатывания (в кулачковом механизме пружины выполняют роль силового замыкателя высшей кинематической пары);
- маслосъемные колпаки – сальники, предотвращающие проникновение смазки внутрь цилиндра по стержню клапанного элемента;
- направляющие втулки – запрессовывают в корпус головки блока цилиндров, чтобы задать направление движения клапана ГРМ;
- сухари – для фиксации пружин.

Работа ГРМ заключается в синхронном движении двух валов – коленчатого и распределительного. Параллельное вращение валов обеспечивает своевременное открытие и закрытие впускных и выпускных клапанов цилиндров двигателя. Во время вращения распределительного вала его кулачки воздействуют на рычаги, которые в свою очередь передают усилие на клапанные стержни, что и приводит к открытию клапанов. Этот процесс происходит следующим образом: коленчатый вал посредством ременного или цепного привода передает крутящий момент на распределительный вал, кулачок на распределительном валу нажимает непосредственно на толкатель. Одновременно с этим клапан перемещается внутрь камеры сгорания, открывая доступ приготовленной топливно-воздушной смеси или отработавшим газам. После того как кулачок проходит активную фазу воздействия, клапан под действием пружины возвращается на место. За полный рабочий цикл распределительный вал совершает два оборота, попаременно открывая клапаны в каждом цилиндре в зависимости от порядка их работы. То есть, например, при схеме работы 1-3-4-2 в один и тот же момент времени в первом цилиндре будут открыты впускные клапаны, а в четвертом – выпускные. Во втором и третьем клапаны будут закрыты. Вне зависимости от конструкции механизма принцип его работы один: распределительный вал должен вращаться строго вдвое медленнее коленчатого.

Таким образом, ГРМ играет ключевую роль в работе двигателя, обеспечивая синхронизацию работы поршней, клапанов и коленчатого вала. Регулярная проверка и ремонт ГРМ является необходимым условием для сохранения надежности и эффективности двигателя, ведь благодаря этому владельцы автомобилей могут избежать серьезных поломок и значительных расходов. Не стоит пренебрегать этой составляющей автомобильного обслуживания, ведь от состояния ГРМ, в том числе и кулачкового механизма, зависит не только безопасность, но и долговечность транспортного средства.

В настоящее время кулачковые механизмы стали одним из наиболее рациональных и надёжных средств механизации и автоматизации в машиностроении. Они применяются не только ДВС, но и в станках для подачи

заготовок, в конвейерах для управления дозаторами и выключателями, в гидроприводах для регулировки подачи жидкости, в насосах.

Совершенствование конструкции кулачковых механизмов включает работу над проектированием, выбором материалов и методами повышения надёжности.

Предлагаем некоторые направления совершенствования конструкции кулачковых механизмов:

- Использование сложных схем для выполнения сложных движений. Например, механизмы с несколькими профилями на одном кулачке, которые переключаются в зависимости от положения, или кулачки с переменным радиусом.
- Применение 3D-кулачков, которые имеют пространственный профиль и позволяют задавать сложные траектории движения толкателя.
- Использование толкателей с роликом, в результате чего уменьшается трение и износ, так как ролик вращается на оси и катится без скольжения по рабочей поверхности кулачка.

Методы повышения надёжности кулачковых механизмов:

- Модификация профиля кулачка, например, создание выпуклой формы в осевом направлении, что позволяет выравнивать давление в сопряжении с опорой толкателя.
- Увеличение первоначальной фактической площади контакта, что уменьшает давление и повышает износостойкость. Это можно обеспечить полированием бесконечной лентой рабочей поверхности кулачка при окончательной обработке.
- Нанесение износостойких покрытий, что повышает износостойкость поверхностей трения.

Применение новых конструкций кулачковых механизмов позволяет увеличить мощность и скорость ДВС.

Список использованной литературы

1. Курсовое проектирование деталей машин на базе графических систем: учебное пособие / П.Н. Учаев, С.Г. Емельянов, Е.В. Мищенко [и др.]; под общ. ред. проф. П.Н. Учаева. – Старый Оскол: ТНТ, 2-е изд., перераб. и доп. – 2016. – 428 с.
2. Мищенко, Е.В., Медведев, А.С. Кулачковые механизмы в сельскохозяйственной технике // Профессия инженер: XI Всероссийская молодежная научно-практическая конференция / А.Л. Севостьянов, Е.В.

Мищенко, Т.Г. Павленко, И.В. Сидорова; под общ. ред. А.Л. Севостьянова; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Паракина». – Орел: ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, [электронный ресурс], 2023. – С. 190-195.

3. Мищенко, Е.В., Мищенко, В.Я. Особенности преподавания курса «Детали мехатронных модулей, роботов и их конструирование» // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. № 3 (329). 2018. – С. 99-102.
4. Устройство автомобилей: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Г.И. Гладов, А.М. Петренко. – 6-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2017. – 352 с.
5. Список участников Автомобильного Зала славы с 1967 по 2016 год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.ruwiki.ru/wiki/%D0%90%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9%D0%B7%D0%B0%D0%BB%D1%81%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%B2%D1%8B>
6. Принцип работы механизма газораспределения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://journal.tinkoff.ru/guide/grm-basic/>.
7. Устройство механизма газораспределения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mosglush.ru/stati-info/ustroystvo-grm-avtomobilya/>.
8. Автомобиль. Устройство. Трансмиссия: учебное пособие для вузов / А.В. Костенко, Е.А. Степанова, А.В. Лукичев, Е.Л. Игнаткина. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2024. – 280 с.

Научная статья
УДК 635.89

П.И. Павлов, Е.Е. Демин, А.В. Никулин, Д.С. Гиевой

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и
инженерии имени Н.И. Вавилова, Россия

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ФОРМИРОВАНИЯ СУБСТРАТНЫХ БЛОКОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ГРИБОВ

Аннотация: В статье приведены требования к подготовке субстрата для выращивания грибов, а также требования к формированию субстратных блоков. Перечислены параметры, которые играют ключевую роль в создании оптимальных условий для развития грибов, обеспечивая высокую продуктивность и качество урожая. Предложена новая технологическая схема формирования субстратных блоков для выращивания грибов из растительной смеси.

Ключевые слова: грибы, выращивание, субстрат, субстратный блок, растительная смесь, технологическая схема.

P.I. Pavlov, E.E. Demin, A.V. Nikulin, D.S. Gievoy

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Russia

TECHNOLOGICAL SCHEME OF FORMATION OF SUBSTRATE BLOCKS FROM PLANT MIXTURES FOR GROWING MUSHROOMS

Annotation: The article presents the requirements for the preparation of a substrate for growing mushrooms, as well as the requirements for the formation of substrate blocks. The parameters that play a key role in creating optimal conditions for the development of fungi, ensuring high productivity and crop quality, are listed. A new technological scheme for the formation of substrate blocks for growing mushrooms from a plant mixture is proposed.

Keywords: mushrooms, cultivation, substrate, substrate block, plant mixture, technological scheme.

Технологические схемы выращивания грибов на субстратных блоках обладают рядом преимуществ, обусловивших их широкое распространение. К

таким преимуществам относятся низкое энергопотребление, компактность производства, возможность полной механизации процесса, которая позволяет минимизировать трудозатраты и повысить производительность. Указанные преимущества делают процесс выращивания грибов более эффективным и экономически целесообразным.

Для высокой урожайности требуется правильная подготовка субстрата. Технологический процесс подготовки субстрата включает в себя нагревание воздушно-сухого субстрата паром до 100°C при атмосферном давлении; выдерживание его в течение 1,5 ч (для соломы и лузги подсолнечника) или 3–4 ч (для смесей с кострами льна); увлажнение холодной водопроводной водой. Для этой технологии нужно обязательно измельчить сырье. На 1 т воздушно-сухого сырья добавляют 1,5–2,0 т воды. Влажность субстрата на выходе не должна превышать 70%. Работы проводят при соблюдении высоких санитарных требований [1].

Для успешного выращивания грибов необходимо использовать качественные субстратные блоки, которые отвечают определенным технологическим требованиям. Субстратные блоки должны обеспечивать оптимальные условия для развития грибного мицелия. Это означает, что субстрат должен быть структурно однородным и иметь подходящую влажность для поддержания активного роста и развития грибов. Структурная однородность важна для равномерного распределения мицелия и обеспечения одинаковых условий для всех блоков. Также субстратные блоки должны быть стерильными и не содержать патогенных микроорганизмов или конкурентных флор. Это помогает избежать развития болезней и конкуренции с другими микроорганизмами, что может снижать урожайность и качество грибов. Важнейшим требованием является правильное соотношение компонентов субстрата. Использование определенных типов сырья, таких как солома злаковых, древесная щепа или луга подсолнечника, должно быть оптимизировано с учетом требований конкретного вида грибов. Например, для различных штаммов грибов могут требоваться разные соотношения углеводов и азота в субстрате.

Также субстратные блоки должны быть легко обрабатываемыми и удобными для транспортирования и размещения в камере выращивания. Это упрощает процессы ухода за грибами, сбор урожая и обеспечивает длительное нахождение в камере выращивания без потери качества субстрата.

Все эти требования помогают создать оптимальные условия для выращивания высококачественных грибов, обеспечивая устойчивое и эффективное производство на грибных фермах. Для создания грибных гифов требуется упаковать готовый грибной субстрат в полиэтиленовые пакеты с

учетом определенных параметров: влажность субстрата: должна составлять 60–75 %, что зависит от типа и метода подготовки сырья. Количество посевного материала – 3–5 % от общей массы субстрата; площадь открытой поверхности – не менее 4 % и не должна превышать 8 % общей площади; масса блока варьируется в зависимости от используемого оборудования и составляет от 3 до 25 кг; плотность распределения субстрата составляет 400–450 г на 1 лitr объема, что обеспечивает его равномерное распределение по всему объему [1].

Перечисленные параметры играют ключевую роль в создании оптимальных условий для развития грибов, обеспечивая высокую продуктивность и качество урожая. В литературных источниках приводятся технологические схемы формирования субстратных блоков из отдельных материалов. Используются материалы, имеющиеся в значительных количествах и недорогие по стоимости – солома, древесная щепа, лузга подсолнечника и др.

Существующие технологические схемы включают следующие основные этапы. Процесс начинается с подготовки сырья, которое требует разделения на фракции размером 5–6 см для щепы и соломы. Это способствует лучшему впитыванию жидкости и оптимизирует технологические процессы. Далее подготовленное сырье направляется в субстратную машину через пневмопровод, где оно проходит несколько стадий обработки: - обработка паром: сырье подвергается тепловой обработке паром для дезинфекции и подготовки к следующим этапам; - увлажнение: достигается равномерное увлажнение субстрата, что важно для развития грибного мицелия; - охлаждение: после обработки субстрат охлаждается до необходимой температуры, создавая оптимальные условия для размещения грибного мицелия.

Основная операция по формированию субстратного блока выполняется на субстратной машине или формировщике субстратных блоков [2]. Формировщики позволяют эффективно упаковывать субстрат в стерильные полиэтиленовые пакеты в поточном режиме. Важно, чтобы производительность формировщика позволяла использовать подготовленный субстрат за 2,0–2,5 ч. Такой подход гарантирует высокое качество и однородность субстрата, а также повышает эффективность производственных процессов на грибных фермах. Под качеством субстратного блока понимается равномерное распределение плотности субстрата по всему объему блока, а также соответствие плотности блока технологическим требованиям. Равномерная плотность субстрата обеспечивает равные условия для проникновения воздуха, влаги и питательных веществ, что способствует полноценному и равномерному росту мицелия во всех частях субстратного блока. Отклонения в плотности снижают качество субстрата, создавая зоны с пониженной воздухопроницаемостью или

недостатком влаги, что может привести к замедлению роста грибов и уменьшению урожайности.

Однако, как указано выше, формирование субстратного блока из одного материала не всегда обеспечивает необходимое содержание питательных веществ и разные соотношения углеводов и азота. Для сбалансированного состава блока необходимо формировать его из смеси растительных материалов. Предлагаемая технологическая схема формирования субстратных блоков для выращивания грибов из растительной смеси на основе соломы включает следующие основные элементы (рисунок 1). Процесс начинается с измельчения растительного сырья – соломы, стеблей кукурузы люцерны, клевера, гороха и др. Далее производится подготовка резки соломы, стеблей и листьев других растительных компонентов. При этом обеспечивается необходимая влажность и температура. Если в состав входят сыпучие компоненты – зерно, отруби, щепа и др. также производится контроль влажности и температуры. После подготовки растительные компоненты подаются в соответствующие емкости бункера – смесителя. После заполнения основных емкостей производится дозированная, в соответствии с принятым составом, подача в смесительную камеру. В смесительной камере происходит смещивание растительных компонентов до требуемой однородности, т.е. равномерного перемешивания по объему блока.

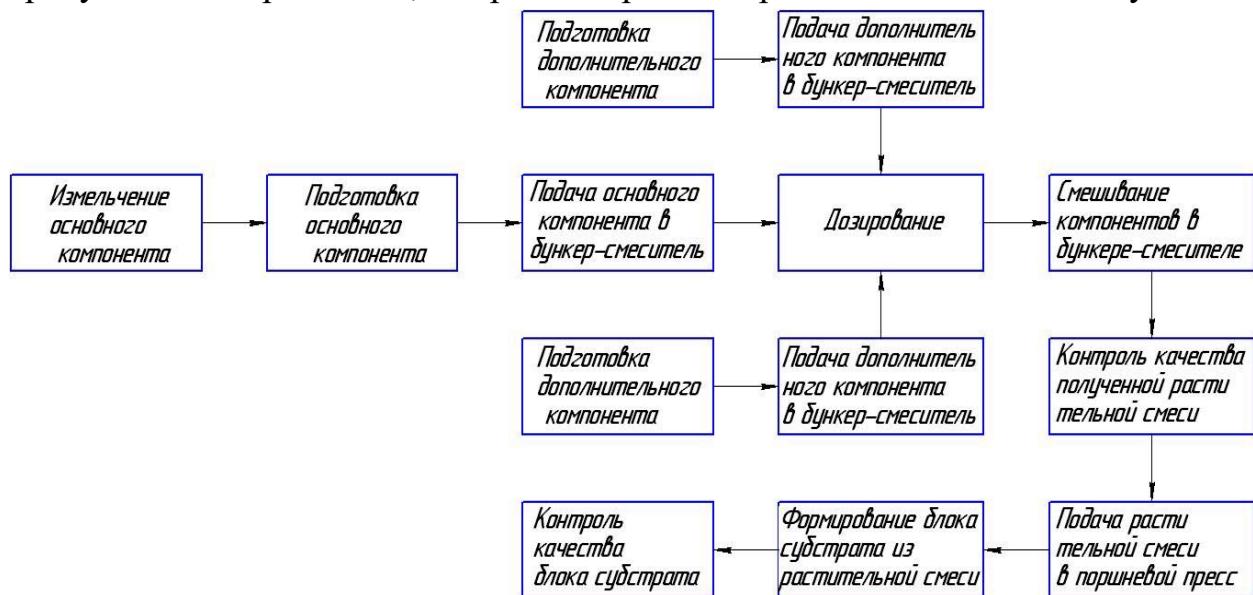


Рисунок 1. Предлагаемая технологическая схема формирования субстратных блоков для выращивания грибов из растительной смеси.

Далее полученная смесь подается в загрузочную камеру гидравлического поршневого пресса [3-5]. После загрузки происходит процесс прессования и формирования субстратного блока. Полученный из растительной смеси блок проходит проверку на качество и транспортируется к месту внесения мицелия и последующего выращивания грибов.

Предлагаемая технологическая схема позволяет изготавливать блоки из растительных смесей. При этом необходимы исследования, направленные на обоснование параметров используемых машин, т.к. они исследовались и оптимизировались в основном для формирования субстратных блоков из отдельных компонентов.

Список использованной литературы.

1. Смотряков, Д.А. Повышение эффективности процесса формирования субстратных блоков для выращивания грибов путем обоснования параметров и разработки поршневого пресса: дисс. ... канд. техн. наук / Смотряков Дмитрий Андреевич. – Саратов, 2025. – 148 с.
2. Павлов, П.И. Анализ средств механизации, используемых при выращивании грибов / П.И. Павлов, Д.А. Смотряков, В.А. Курунин // Проблемы и перспективы развития АПК: технические и сельскохозяйственные науки: матер. региональной науч.-техн. конф., посвящ. 110-летию Вавиловского университета. – Саратов, 2023. – С. 20–22.
3. Патент на полезную модель 219973 У1 Российская Федерация, МПК В 65 В 3/12, В 30 В 9/30. Устройство для наполнения пакетов субстратом для выращивания грибов / Смотряков Д.А., Павлов П.И., Смотряков А.А.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова». – № 2022131485 ; заявл. 01.12.2022 ; опубл. 16.08.2022, Бюл. № 23.
4. Патент на полезную модель 2828380 С1 Российская Федерация, МПК В 30 В 9/30. Устройство для наполнения пакетов субстратом для выращивания грибов / Смотряков Д.А., Павлов П.И., Курунин В.А.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова». – № 2024107156 ; заявл. 19.03.2023 ; опубл. 10.10.2024, Бюл. № 28.
5. Павлов, П.И. Устройство для наполнения пакетов субстратом для выращивания грибов / П.И. Павлов, Д.А. Смотряков, В.А. Курунин // Проблемы и перспективы развития АПК: матер. региональной науч.-техн. конф., посвящ. 110-летию Вавиловского университета. – Саратов, 2023. – С. 23–25.

Научная статья
УДК 631.356

П.И. Павлов, А.А. Леонтьев

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и
инженерии имени Н.И. Вавилова, Россия

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПИТАТЕЛЕЙ ПОГРУЗЧИКОВ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ

Аннотация: в статье приведены новые конструктивно-технологические схемы грузозахватных рабочих органов питателей погрузчиков непрерывного действия для корнеклубнеплодов - роторно-цепного и лопастного. Предложенные питатели обеспечивают эффективную погрузку различных корнеклубнеплодов без их повреждения при взаимодействии с рабочими поверхностями.

Ключевые слова: питатель, погрузчик, корнеклубнеплоды, картофель, лук, погрузка.

P.I. Pavlov, A.A. Leontiev

N.I. Vavilov Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering,
Russia

CONSTRUCTIVE AND TECHNOLOGICAL SCHEMES OF CONTINUOUS-ACTION LOADER FEEDERS FOR ROOTS AND TUBERS

Annotation: The article presents new design and technological schemes of the load-engaging working bodies of the feeders of continuous-action loaders for root and tuber crops - rotary-chain and blade. The proposed feeders ensure efficient loading of various root and tuber crops without damaging them during interaction with the working surfaces.

Keywords: feeder, loader, root and tuber crops, potatoes, onions, loading.

Погрузка является составной частью технологического процесса выращивания картофеля, свеклы, лука и других корнеклубнеплодов. Особенностью работы погрузчиков является возможность повреждения корнеклубнеплодов в процессе погрузки, что снижает их качество и срок хранения. Поэтому требуется разработка новых грузозахватных рабочих органов

— питателей к погрузчикам, обеспечивающим не только высокую производительность, но и сохранность груза.

На основании существующих научных и теоретических исследований, разработаны конструктивно-технологические схемы роторно-цепного питателя к погрузчику непрерывного действия для погрузки картофеля, свеклы [1,2] и лопастного питателя к погрузчику лука [3,4].

Роторно-цепной питатель (рис.1) состоит из навесной рамы 1, подающего барабана 2, цепного транспортера 3. Подающий барабан закреплен на раме и имеет возможность с помощью гидроцилиндров 4, 5 изменять положение относительно цепного транспортера. Привод подающего барабана осуществляется от гидросистемы базового трактора 10 при помощи гидромотора 6, а цепного транспортера от ВОМ трактора посредством карданной 7 и цепной 8 передач. Между подающим барабаном и цепным транспортером расположена скатная доска 9.

В свою очередь подающий барабан (рис.2а,б) состоит из вала 1, на котором установлены четыре лопасти 2 во взаимно-перпендикулярных плоскостях, имеющие криволинейную форму.

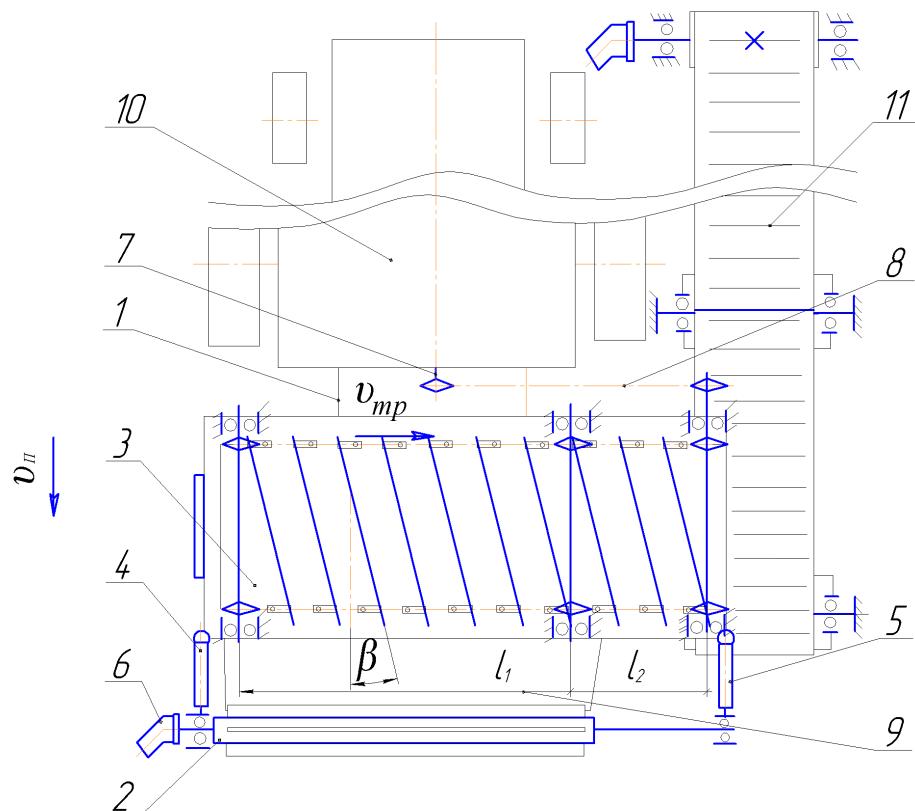


Рисунок 1. Схема роторно-цепного питателя: 1 – рама; 2 – подающий барабан; 3 – цепной транспортер; 4, 5 – гидроцилиндры; 6 – гидромотор; 7 – карданская передача; 8 – цепная передача; 9 – скатная доска; 10 – базовый трактор; 11 – отгрузочный транспортер.

Питатель работает следующим образом. Базовый трактор передвигается задним ходом в направлении бурта картофеля. Подающий барабан захватывает клубни картофеля и подает их на скатную доску. Последняя обеспечивает плавный сход картофеля с лопастей подающего барабана и исключает ударные воздействия. Под действием центробежных сил и сил тяжести картофель по скатной доске попадает на горизонтальный участок l_1 (рис. 1) цепного транспортера питателя. Груз захватывается скребками цепного транспортера и перемещается по днищу. При этом картофель за счет установки скребков посредством кронштейнов под углом β в горизонтальной плоскости равномерно распределяется по всей ширине цепного транспортера. Далее по наклонному участку цепного транспортера l_2 картофель подается на отгрузочный транспортер и далее в транспортное средство.

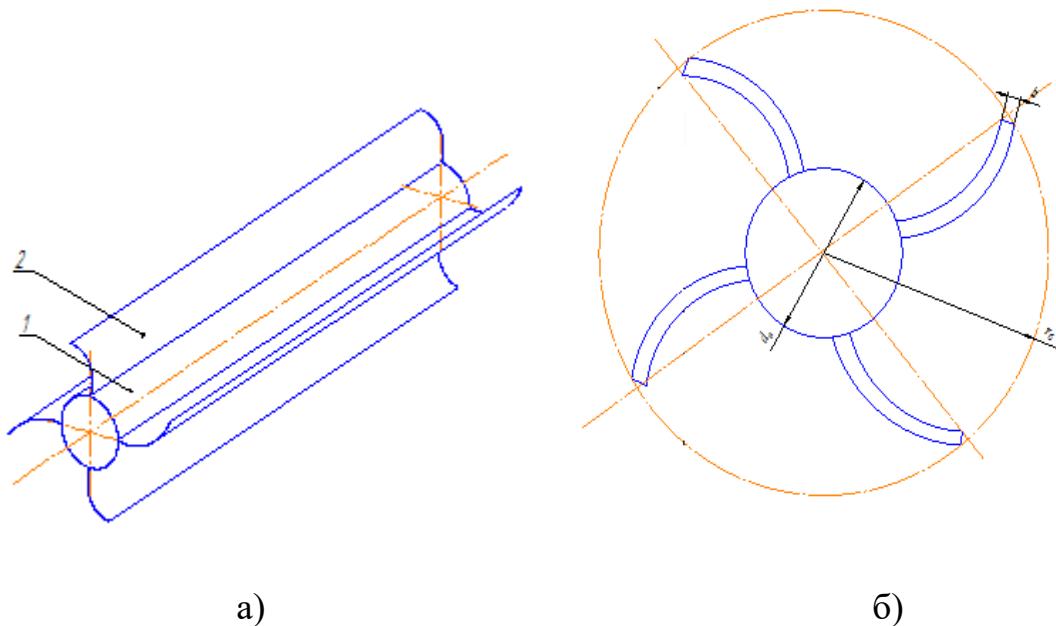


Рисунок 2. Подающий барабан: а) 1 – вал подающего барабана; 2 – лопасть подающего барабана; б) вид сбоку

Данная конструктивно-технологическая схема позволяет достичь следующих преимуществ: - функции захвата и транспортировки клубней картофеля разделены между собой, что позволяет осуществлять эти процессы без взаимных помех и снизить энергоемкость и травмируемость материала; - взаимодействие рабочих органов роторно-цепного питателя осуществляется через функциональный элемент (скатную доску), позволяющую исключить ударные воздействия на картофель за счет плавного схода последнего с лопастей подающего барабана; - разделение функций между рабочими органами позволяет устанавливать подающий барабан с возможностью изменения положения в пространстве, что положительно сказывается при работе со слежавшимся и проросшим вследствие длительного хранения картофелем.

Для погрузки лука разработана конструктивно-технологическая схема лопастного питателя [2] содержащая наклонную плиту 1 (рис.3) с выгрузным окном 2, два встречно вращающихся ротора в виде подвижного диска 3 с подпружиненными лопастями 4 с механизмом привода каждого ротора 5. На наклонной плите в передней части с каждой стороны выгрузного окна неподвижно закреплены два сектора 6 в виде части цилиндра с наружным диаметром меньше диаметра, образуемого внутренними кромками лопастей при вращении роторов, при этом ось условного цилиндра, из которого образуется сектор, соосна с осью роторов. С противоположной стороны от выгрузного окна наклонная плита содержит жестко прикрепленную к ней навесную коробку 7 с передним бруском 8. Навесная коробка имеет посадочные места 9 под механизм привода 5 роторов, а передний брус - посадочные места 10 под подшипниковые узлы 11. Лопасти 4 закрепляются не жестко, а с помощью оси 13 и пружины 12 с возможностью поворота, кроме того лопасти установлены выпуклой поверхностью в сторону груза и имеют различную длину рабочей поверхности (рис.4).

Лопастной питатель работает следующим образом. Механизм привода 5, установленный на посадочном месте 9 навесной коробки 7 вращает ротор с подвижным диском 3 лопастями 4, которые закреплены на оси 13 и подпружинены пластиной 12, установленный в посадочных местах 10 переднего бруса 8 на подшипниковых узлах 11. При движении питателя с погрузчиком в направлении бурта вращающиеся лопасти 4 каждого ротора внедряются в груз, так как лопасти имеют различную длину, то захват корнеклубнеплодов осуществляется послойно, при этом за счет пружины и оси захват клубней происходит более плавно без ударных воздействий, а благодаря установке лопастей выпуклой поверхностью в сторону груза увеличивается площадь взаимодействия, что также обеспечивает снижение повреждений; по поверхности сектора 6, как по направляющей груз перемещается к выгрузному окну 2 наклонной плиты 1. В выгрузном окне корнеклубнеплоды попадают на отгрузочный транспортер погрузчика. Наличие сектора 6 препятствует попаданию клубней внутрь ротора, и в то же время при прохождении лопастей над выгрузным окном обеспечивается их свободная разгрузка на транспортер без помех со стороны других конструктивных элементов. В результате увеличивается производительность, и исключаются повреждения корнеклубнеплодов.

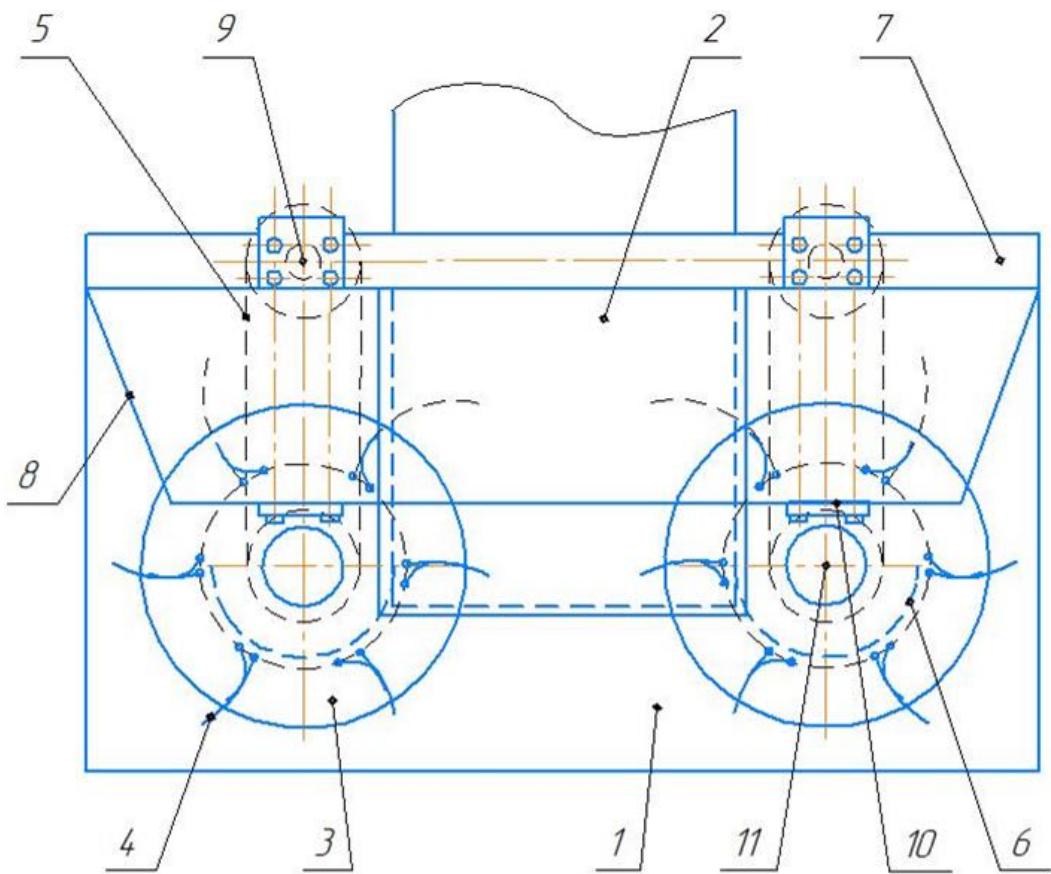


Рисунок 3. Конструктивно-технологическая схема лопастного питателя

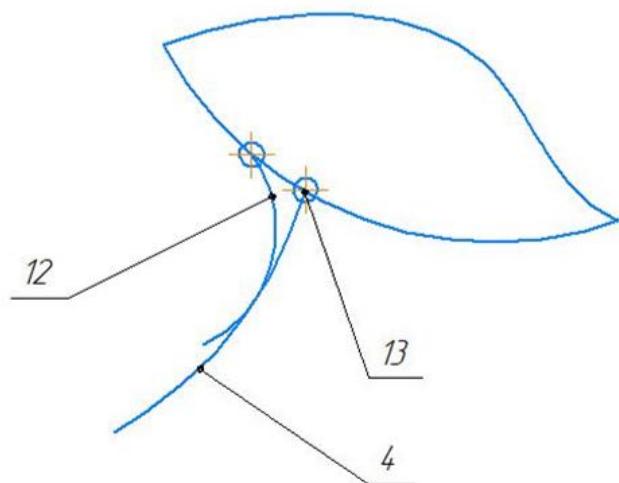


Рисунок 4. Схема шарнирно-упругого крепления лопастей.

Таким образом, разработанные конструктивно-технологические схемы рабочих органов – питателей к погрузчикам непрерывного действия обеспечивают погрузку из бурта основных видов корнеклубнеплодов без их повреждения. Роторно-цепной питатель – для погрузки картофеля, сахарной свеклы и других легкоповреждаемых корнеклубнеплодов. Лопастной питатель –

для погрузки лука, кормовой свеклы, редьки и других корнеклубнеплодов с более прочной поверхностью.

Список использованной литературы.

1. Патент на полезную модель RU 77855 U1 Погрузчик картофеля. Павлов П.И., Хакимзянов Р.Р., Леонтьев А.А., Демин В.В., Опубл. 10.11.2008. Заявка № 2008124350/22 от 16.06.2008.
2. Павлов, П.И. Погрузчик картофеля / П.И Павлов., Р.Р Хакимзянов, С.А. Нестеров, А.А. Леонтьев // Тракторы и сельхозмашины. 2009. - №12. - с. 11-13.
3. Патент на полезную модель RU 231249 U1 Лопастной питатель погрузчика непрерывного действия. Павлов П.И., Леонтьев А.А., Моисеев И.М., Опубл. 20.01.2025. Заявка № 2024117998 от 26.06.2024.
4. Павлов, П.И. Экспериментальное исследование производительности погрузчика корнеклубнеплодов с лопастным питателем / П.И. Павлов, В.В. Корсак, И.П Павлов., И.Л. Дзюбан // Аграрный научный журнал. - 2022.- №10. - с. 108-110.

Научная статья
УДК 621.867

П.И. Павлов, В.А. Курунин

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, г. Саратов, Россия

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОЧИСТКИ ТРАНСПОРТЕРНЫХ ЛЕНТ

Аннотация: В статье рассматривается конструкция устройства для очистки транспортерных лент от загрязнений, возникающих при транспортировании различных видов зерна и некоторые результаты экспериментальных исследований по обоснованию его основных параметров и режимов работы.

Ключевые слова: очистка, ленточный конвейер, транспортерная лента, щетка, экспериментальный образец.

P.I. Pavlov, V.A. Kurunin

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov, Saratov, Russia

THE RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES OF THE DEVICE FOR CLEANING CONVEYOR BELTS

Annotation: The article discusses the design of a device for cleaning conveyor belts from contaminants that occur during transportation of various types of grain and some results of experimental studies to substantiate its basic parameters and operating modes.

Keywords: cleaning, conveyor belt, conveyor belt, brush, experimental sample.

Ленточные конвейеры широко применяются при транспортировании зерна на элеваторах и зерноскладах. Однако, при транспортировке происходит загрязнение ленты, которое постепенно увеличивается, если не производится ее очистка.

На основании анализа возможных способов очистки [1] предложено устройство для очистки ленты конвейера (рис. 1), содержащее щеточный барабан, вал, подшипниковые узлы, стойки, вертикальные опоры, горизонтальную раму отличающуюся от существующих устройств тем, что

щеточный барабан установлен с возможностью вертикального перемещения при помощи стоек и вертикальных опор за счет изменения их высоты.

Для эффективной очистки важно контролировать давление, которое щетки оказывают на ленту. Поэтому важным элементом является система регулировки давления, которое щетки оказывают на ленту. Это может осуществляться с помощью регулирования высоты расположение щеточного барабана.



Рисунок 1. Устройство для очистки транспортерных лент.

Важной задачей является определение оптимальных параметров работы щеток, включая их жесткость, скорость движения и силу прижима щетки к ленте, остаточное загрязнение. Это поможет достичь максимальной эффективности очистки [2]. Проведение экспериментальных исследований позволит выявить оптимальные параметры щеточного устройства, способствующие эффективной очистке транспортерных лент от различных типов загрязнений, включая пыль, грязь, жидкие и липкие вещества. Полученные результаты позволят разработать рекомендации по выбору и настройке щеточных устройств в зависимости от конкретных условий производства [3].

Методика проведения экспериментальных исследований включала определение влияния ключевых факторов на процесс очистки: - жесткости щеточного ворса; - скорости вращения щеточного барабана; - силы прижатия щетки к ленте. Кроме того, ставилась задача установления оптимальных параметров щеточного устройства, обеспечивающих максимальную эффективность очистки. Особое внимание уделялось оптимальному соотношению между скоростями движения ленты и вращения щетки, а также

силе прижатия, которая в предлагаемом устройстве зависит от высоты установки. В ходе эксперимента было выделено 3 положения подъемного механизма (рис.2).

1-е положение. Слабое прижатие: контактируют только кончики щетинок. Пятно контакта узкое, прерывистое. Щетка работает лишь верхней частью ворса. Энергия воздействия на загрязнитель минимальна, так как щетинки легко прогибаются. Очистка носит поверхностный характер. Как результат, низкая эффективность очистки (60-70%), но минимальный износ ленты.

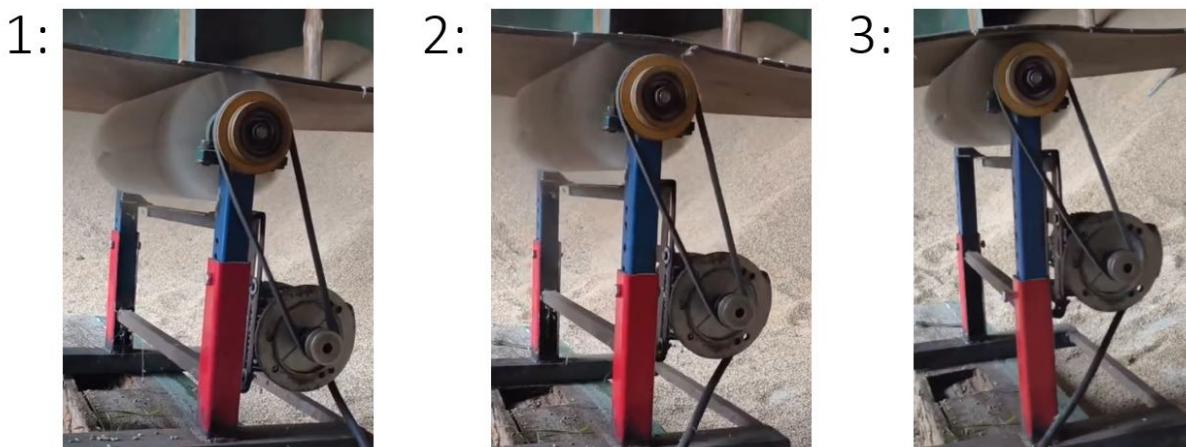


Рисунок 2. Положения подъемного механизма

2-е положение. Среднее прижатие: Щетинки прогнуты примерно на 1/3 своей длины. Пятно контакта широкое, сплошное и равномерное по ширине. Достигнута максимальная площадь контакта. Щетинки работают как упругие рычаги, эффективно передавая энергию на отделение загрязнения.

Высокая эффективность очистки, износ ленты и щетки находится в допустимых пределах.

3-е положение. Сильное прижатие: щетинки прогнуты более чем наполовину, веерообразно распластаны по ленте. Пятно контакта очень широкое, но возможна деформация и "закусывание" щетки. Упругие свойства щетинок нарушены. Возникает значительная сила трения, ведущая к абразивному износу ленты и быстрому стачиванию щетки. Эффективность может даже снижаться из-за «спрессовывания» загрязнения. Результат: Высокий износ ленты и щетки, повышенное энергопотребление, риск перегрева.

На основании проведенных экспериментальных исследований можно сделать вывод о преобладающем влиянии силы прижатия на эффективность работы щеточного очистного устройства. Обосновано выделение трех характерных режимов работы, где выбран наиболее подходящий диапазон, обеспечивающий высокую эффективность очистки при сохранении ресурса

транспортерной ленты и щеточного устройства. Экспериментально подтверждено, что отклонения от оптимального прижатия приводят либо к недостаточной очистке при слабом прижатии, либо к чрезмерному износу оборудования при сильном прижатии.

Список использованной литературы.

1. Павлов П.И., Курунин В.А. Технические средства для очистки транспортерных лент / В сборнике: Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники. Материалы XXXVII Международной научно-технической конференции имени В.В. Михайлова. Саратов, 2024. С. 245-247.
2. Бибиков П. Я. Очистка конвейерной ленты, взгляд на проблему // ГИАБ. 2004. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ochistka-konveyernoy-lenty-vzglyad-na-problemu> (дата обращения: 10.10.2025).
3. Тарасов Ю.Д. Очистка конвейерных лент и подконвейерного пространства. – М., Недра, 1973, 192 с.

Научная статья

УДК 631.354.2.076; 631.354.6

A.C. Старцев, С.В. Ершов, Р.А. Подгорнов

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УБОРКИ ПОДСОЛНЕЧНИКА НА ХРАНЕНИЕ ВОРОХА

Аннотация. Представлены агротехнические требования на уборку подсолнечника – потери маслосемян за жаткой, молотилкой, содержание повреждённых и облущенных маслосемян в бункерном ворохе. Рассмотрены причины возникновения и увеличения потерь, рекомендуемые технологические регулировки молотильного аппарата и ветро-решётной очистки. Приведены особенности биохимических процессов в ворохе подсолнечника, усложняющих процесс его хранения. Рассмотрено влияние влажности, содержания повреждённых маслосемян на сохраняемость вороха и его состояние. Представлены рекомендации по хранению вороха подсолнечника по высоте буртов в зависимости от влажности и задач его использования.

Ключевые слова: уборка подсолнечника, маслосемена подсолнечника, потери, повреждаемые и облущенные маслосемена, влажность, комбайн, жиры, ворох, бурт.

A.S. Startsev, S.V. Ershov, R.A. Podgornov

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov

INFLUENCE OF QUALITY INDICATORS SUNFLOWER HARVESTING ON STORAGE SHOVEL

Annotation. The article presents agrotechnical requirements for harvesting sunflower – losses of oilseeds behind the reaper, threshing machine, and the content of damaged and shelled oilseeds in the bunker heap. The article discusses the causes of losses and their increase, as well as the recommended technological adjustments for the threshing machine and wind-screen cleaning. The article also highlights the biochemical processes in the sunflower heap that can complicate its storage. The article examines the impact of moisture and the content of damaged oilseeds on the storage capacity and

condition of the heap. Recommendations are given for storing sunflower stalks in piles of different heights, depending on their moisture content and intended use.

Keywords: sunflower harvesting, sunflower oilseeds, losses, damaged and hulled oilseeds, humidity, combine harvester, fats, heap, and sunflower collar.

Подсолнечник относят к пропашным культурам, высеваемым с междурядьем 70 см [1]. Поэтому для его уборки используют адаптеры или жатки, оборудованные лифтёрами или стеблеподъёмники для разделения рядков [2]. К процессу уборки подсолнечника предъявляют ряд агротехнических требований и условий, характеризующих качество работы уборочного агрегата. Основным критерием оценки являются потери маслосемян. Их разделяют на потери за жаткой – не более 3,5 %, за молотилкой – 0,14-1,45 %, повреждение маслосемян (дробление и облущивание) – не более 3 %.

Причинами потерь считается перенос сроков уборки на более поздние, неправильная настройка транспортно-технологических систем комбайна, износ бичей молотильного аппарата.

Перенос сроков уборки может быть обусловлен рядом организационных причин:

- отказ от десикации посевов с целью достижения естественной влажности маслосемян;
- неблагоприятные погодные условия;
- поражение растений болезнями или вредителями;
- нехватка зерноуборочных комбайнов.

К неправильной настройке транспортно-технологических систем комбайна следует отнести:

– высота среза. Оператор опускает жатку или адаптер на величину, ориентируясь на высоту самого низкого растения с целью уменьшить потери неубранными корзинками. Однако в этом случае срез корзинок высоких растений осуществляется с остатками стебля, которые направляются в молотильный аппарат, являясь причинами повреждения маслосемян. Части стебля способны забивать прутковую решётку подбарабанья, тем самым снижая сепарацию маслосемян при обмолоте и повреждая их оболочку;

– скорость движения. Рекомендуемой скоростью движения при уборке подсолнечника считают 5-8 км/ч. При пониженной влажности маслосемян, чем характеризуется уборка подсолнечника в более поздние сроки, рекомендуется снижение скорости. С её увеличением возрастает степень воздействия лифтёров, стеблеподъёмников и мотовила на стебли, соударение корзинок друг о друга, что способствует вымолячиванию маслосемян с их последующим осыпанием;

– износ бичей молотильного аппарата приводит к недомолоту корзинок и повреждению маслосемян. Стачивание рифов бичей происходит по причине неравномерности подачи скошенной массы в зону обмолота;

– неправильная настройка молотильного аппарата. При уборке подсолнечника следует понижать обороты молотильного аппарата, используя понижающий редуктор до $400\text{-}500\text{ мин}^{-1}$ для стандартных условий уборки подсолнечника. В случае низкой влажности рекомендуется перекрывать пространство деки на $1/3$ от входа стальным листом, поскольку максимальное дробление наблюдается при входе корзинки с молотильной камеры на деку, и снижать обороты молотильного барабана до $350\text{-}400\text{ мин}^{-1}$.

Зазор между декой и бичами молотильного барабана на входе должен быть в пределах $30\text{-}45$ мм, на выходе – 28 мм. В современных конструкциях молотильных аппаратов предусмотрено перекрывание пространства между бичами молотильного барабана с целью исключения его забивания стеблями;

– потери за ветро-решётной очисткой (ВРО) могут быть по причине неравномерности распределения воздушного потока ближе к концу решёт [4]. Повышенное число оборотов вентилятора очистки также способствует их выносу воздушным потоком. При уборке подсолнечника рекомендовано $500\text{-}600\text{ мин}^{-1}$. При сильной засорённости посевов оператор увеличивает число оборотов вентилятора, чтобы снизить содержание сорных примесей в бункерном ворохе, что способствует увеличению потерь за ВРО [5].

Для снижения содержания сорных примесей в бункерном ворохе, также рекомендуется выставлять зазоры между жалюзи верхнего решета не более 12 мм, на нижнем они не должны превышать 8 , на удлинителе верхнего решета – не более 14 . Наклон удлинителя рекомендуется такой же как и при уборке зерновых культур. Жалюзи надставки удлинителя рекомендуется прикрыть полностью [6].

Работа комбайна на склонах также способствует потерям маслосеменами за ВРО. В этом случае масса на решётах смещается в одну сторону, возникает неравномерность распределения вороха по поверхности решёт, что затрудняет полноценную сепарацию.

Повреждаемость оболочки маслосемян негативно влияет на хранение вороха [7]. Высокая влажность маслосемян, температура и содержание сорных примесей в ворохе негативно влияют на хранение. С увеличением температуры обменные процессы в ворохе протекают более интенсивно, активизируются микрофлора и вредители. Целесообразно, чтобы температура вороха при хранении не превышала 25°C . Допущение даже временного нагрева вороха не рекомендуется. Повышение температуры способствует увеличению содержания кислот [7].

Обменные процессы также идут интенсивнее в незрелых маслосеменах в отличие от зрелых. Это способствует их ускорению процессов порчи. Целесообразно для длительного хранения закладывать зрелые маслосемена.

Одним из важных факторов при хранении вороха подсолнечника является влажность [8]. При повышении влажности более 7-8 % увеличивается содержание «свободной» воды в ворохе, что способствует росту интенсивности дыхания, и как следствие, накоплению влаги и самосогреванию. Это, в свою очередь, повышает негативное воздействие микрофлоры и вредителей. С увеличением влажности повышается теплопроводность маслосемян. Это значит, что высокая влажность будет более ускоренно принимать температуру окружающего воздуха, что ухудшит условия хранения и понизит посевные качества маслосемян [9].

Это обусловлено высоким содержанием в маслосемян жиров. Запасные вещества, которые использует зародыш, откладываются в маслосеменах в виде жиров, а не крахмала, как в зерновых культурах [7]. Содержание жира в маслосеменах может колебаться в зависимости от сорта или гибрида, природно-климатических условий произрастания, степень созревания. Жир не обладает способностью связывать и удерживать влагу в отличие от белков и крахмалов. Это способствует её накоплению в других веществах семени и неравномерному распределению влаги в нём.

Учитывая неспособность маслосемян к связыванию и удерживанию влаги уборка посевов в поздние сроки, когда вероятность осадков больше, негативно оказывается на длительном хранении вороха.

Повреждённые и облущенные маслосемена относят к масличной примеси. К этим маслосеменам из-за отсутствия или повреждения плодовой оболочки облегчен доступ воздуха, что способствуют их прогорканию [3]. Также, повреждённые и облущенные маслосемена более подвергаются плесневению, которое в первую очередь, повреждает зародыш.

При закладке вороха на хранение следует учитывать, что в случае если закладка проводили при высокой температуре, то ворох ещё долго будет сохранять её. Поэтому за таким ворохом рекомендовано наблюдать в процессе его хранения [3, 7].

При наступлении весны на оболочке холодных маслосемян способна конденсироваться влага из воздуха. Это нередко приводит к их порче, и невозможности к дальнейшему использованию.

С учётом изложенного следует засыпать сухой и очищенный ворох маслосемян в подготовленные хранилища. Подготовка хранилищ заключается в его очистке от остатков прошлогоднего вороха, мусора, дезинфекции. Целесообразно ворох подсолнечника хранить в складах с возможностью

активного вентилирования. Высота бурта маслосемян зависит от их влажности, засорённости, масличных примесей и назначения маслосемян [3, 7, 9]. Для сухого вороха и средней сухости высота бурта может быть более 2 м. Высота бурта влажного вороха не должна превышать 2 м. При временном хранении влажных маслосемян высота бурта до 1,5 м. При кратковременном хранении вороха влажностью выше допустимого – не более 1 м.

Список использованной литературы

1. Глушков, И. Н. Анализ способов посева подсолнечника и уход за посевами / И. Н. Глушков // Совершенствование инженерно-технического обеспечения производственных процессов и технологических систем : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 75-летию основания инженерного факультета ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ, Оренбург, 07 февраля 2025 года. – Оренбург: Оренбургский государственный аграрный университет, 2025. – С. 790-794. – EDN UVFAVG.
2. Глушков, И. Н. Технологии возделывания подсолнечника / И. Н. Глушков // Совершенствование инженерно-технического обеспечения производственных процессов и технологических систем : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 75-летию основания инженерного факультета ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ, Оренбург, 07 февраля 2025 года. – Оренбург: Оренбургский государственный аграрный университет, 2025. – С. 794-797. – EDN ZBNROV.
3. Как хранить маслосемена подсолнечника [Электронный ресурс] : Мельинвест. Режим доступа: https://melinvest.ru/press_office/articles/kak-khranit-semena-podsolnechnika/
4. Кулагин, С. Н. Моделирование процесса протекания воздушного потока в системе воздушно-решётной очистки зерноуборочного комбайна с применением комбинации решёт / С. Н. Кулагин, А. П. Ловчиков // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2025. – № 1(111). – С. 63-67. – DOI 10.37670/2073-0853-2025-111-1-63-67. – EDN WQVGNU.
5. Кулагин, С. Н. Экспериментальное исследование работы воздушно-решётной очистки зерноуборочного комбайна / С. Н. Кулагин, А. П. Ловчиков // Известия Международной академии аграрного образования. – 2024. – № 71. – С. 32-36. – EDN EDERMK.
6. Приспособление для уборки подсолнечника ПСП-1210-05. Руководство – часть 6 [Электронный ресурс] : Студенческая библиотека. Справочники,

пособия, учебники, лекции, документы, рефераты и прочие учебные материалы. Режим доступа: <https://3uch.ru/textbooks/nod/quwang/ngt>

7. Сохраним масличные культуры [Электронный ресурс] : АгроИнфо. Информационное агентство. Режим доступа: <https://agroinfo.kz/soxranim-maslichnye-kultury/>
8. Особенности хранения семян подсолнечника [Электронный ресурс] : Национальное аграрное агентство. АгроСМИ нового поколения. Режим доступа: <https://rosng.ru/post/content/content-osobennosti-hraneniya-semyan-podsolnechnika?page=3&per-page=3>
9. Хранение масличных культур: как сохранить урожай [Электронный ресурс] : ASM-AGRO. Завод элеваторного оборудования. Режим доступа: <https://asm-agro.ru/articles/hranenie-maslichnyh-kultur-kak-sohranit-urozhaj/>

Научная статья

УДК:631.354.024/.028

A.C. Старцев, К.В. Иксанов, Р.А. Подгорнов

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов

ОБЗОР ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПОТЕРИ ЗЕРНА ЗА ВОЗДУШНО-РЕШЁТНОЙ ОЧИСТКОЙ

Аннотация. Представлена конструкция воздушно-решётной очистки современных зерноуборочных комбайнов. Рассмотрены факторы, влияющие на потери зерна: неправильный выбор числа оборотов вентилятора, зазоров жалюзи верхнего решета и удлинителя; недостаточная длина верхнего решета, дополнительного решета или удлинителя; неравномерность распределения воздушного потока по плоскости верхнего решета; влияние работы зерноуборочного комбайна на склонах; неравномерная подача хлебной массы в молотильный аппарат; влажность вороха и засорённость посевов.

Ключевые слова: воздушно-решётная очистка, зерно, решето, вентилятор, удлинитель, влажность, сорные примеси, потери, половы, недомолоченные колосья.

A.S. Startsev, S.V. Ershov, R.A. Podgornov

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov

OVERVIEW OF FACTORS AFFECTING GRAIN LOSSES AFTER AIR-GRID CLEANING

Annotation. The design of air-screen cleaning of modern grain harvesters is presented. The factors affecting grain losses are considered: incorrect choice of the fan speed, the gaps of the upper screen and the extension; insufficient length of the upper screen, additional screen or extension; uneven distribution of the air flow on the plane of the upper screen; the influence of the operation of the grain harvester on slopes; uneven supply of the bread mass to the threshing machine; moisture of the heap and the contamination of crops.

Keywords: air-screen cleaning, grain, screen, fan, extension cord, humidity, weeds, losses, chaff, and unthreshed ears.

Основным способом уборки зерновых культур как в Российской Федерации так и за рубежом, является прямое комбайнирование. Одним из параметров, оценивающим работы зерноуборочного комбайна являются потери зерна за ветро-решётной очисткой (ВРО).

ВРО современного зерноуборочного комбайна состоит из транспортной доски грохота 1, имеющую поверхность с поперечными гребёнками, на которую подаётся зерновой ворох из молотильного аппарата, прошедший прутковую решётку подбарабанья. При перемещении по гребёнкам транспортной доски 1 происходит разделение вороха. Зерно 2, как более тяжёлая фракция, стремится к вниз, в пространство между гребёнками. Соломистые примеси, полова 3, как более лёгкая – наверх, над ними. В результате зерно 2 проходя через пальцевую гребёнку 4, сбрасывается на верхнее решето 5, а соломистые примеси, полова 3 задерживаются на пальцевой гребёнке и под воздействием воздушного потока центробежного вентилятора 6, выносится за пределы ВРО. Верхнее решето 5 и нижнее 7 совершают колебательные движения навстречу друг другу через двуплечие рычаги – сайлент-блоки 8, обеспечивая тем самым перемещение вороха по решётам с их последующей сепарацией. Пройдя решёта, зерно 2 по наклонному днищу 9, перемещается к зерновому шнеку 10, который передаёт его к зерновому элеватору 11 для транспортировки в бункер. Необмолоченные колосья 12 и свободное зерно 13, не прошедшее сепарацию, задерживается на дополнительном решете или удлинители грохота 14 и перемещаются в колосовой шнек 15 по скатной поверхности 16, который через колосовой элеватор 17 направляет их на домолот.

В конструкциях современных зерноуборочных комбайнов не предусмотрена регулировка дополнительного решета или удлинителя по углу наклона относительно горизонтальной плоскости верхнего решета в отличие от более ранних модификаций (рис. 2 а, б).

Анализ комбайновой уборки, научных исследований, посвящённых потерям зерна, показал влияние ряда разнообразных факторов.

1. Неправильный выбор числа оборотов вентилятора, зазоров жалюзи верхнего решета и удлинителя.

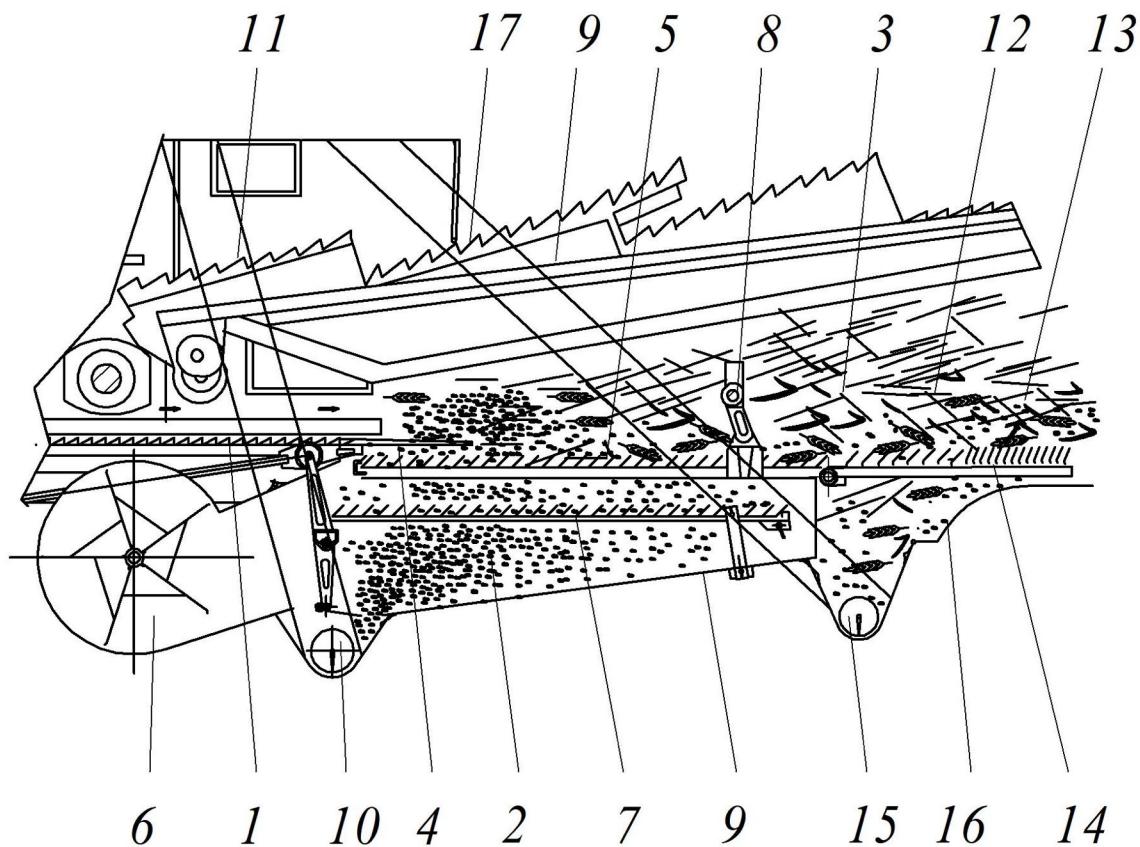


Рисунок 1. Воздушно-решётная очистка комбайна: 1 – транспортная доска; 2 – зерно; 3 – соломистые примеси, половы; 4 – пальцевая гребёнка; 5 – верхнее решето; 6 – центробежный вентилятор; 7 – нижнее решето; 8 – сайлент-блоки; 9 – наклонное днище; 10 – зерновой шнек; 11 – зерновой элеватор; 12 – необмолоченные колосья; 13 – свободное зерно; 14 – дополнительное решето или удлинитель грохота; 15 – колосовой шнек; 16 – скатная поверхность; 17 – колосовой элеватор.

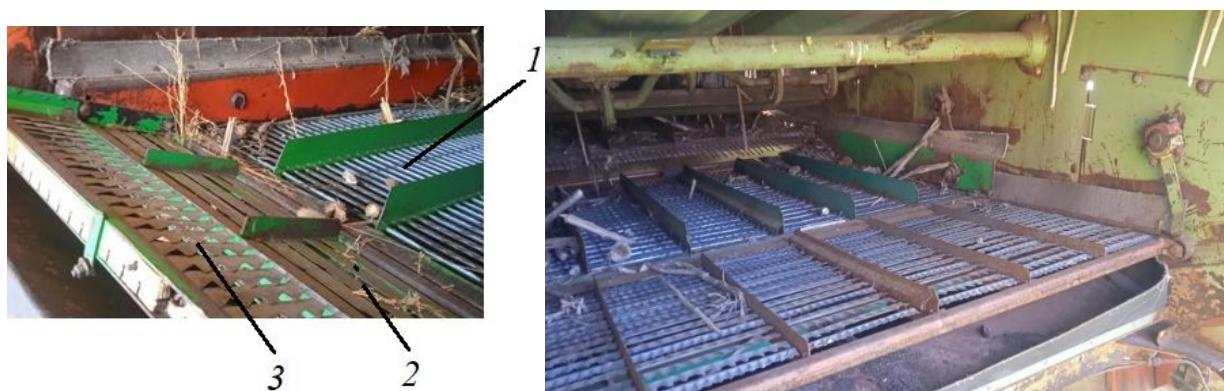


Рисунок 2. Удлинитель верхнего решета комбайна: а) «Дон-1500А» 80-х годов выпуска: 1 – верхнее решето, 2 – секция с поперечными пластинчатыми жалюзи, 3 – секция с продольными лепестковыми жалюзи; б) удлинитель комбайна «Дон-1500А» 90-х годов выпуска

Воздействие воздушного потока, создаваемого вентилятором ВРО на зерновой ворох можно разделить на две задачи: разрыхление (вспушивание) вороха на верхнем решете, что увеличивает вероятность сепарации вороха, и выдув сорных примесей с большим коэффициентом парусности [2]. В случае уборки зерна низкой влажности и засорённых хлебов, оператор увеличивает число оборотов вентилятора с целью снижения содержания сорных примесей в бункерном ворохе, что приводит к потерям зерна его выдувом за пределы комбайна. Это же происходит и при увеличении скорости движения комбайна при низкой урожайности с целью полноценной загрузки молотильного аппарата.

Кроме того, недостаточный зазор между жалюзи верхнего решета и удлинителя, а также малый или чрезмерно большой угол наклона последнего может способствовать потерям зерна выдувом.

2. Недостаточная длина верхнего решета, дополнительного решета или удлинителя.

В этом случае при подаче массы, особенно при большой пропускной способности, длины верхнего решета не хватает для обеспечения сепарации и часть зерна уходит за пределы комбайна. Поскольку зерно убираемых с-х культур отличается по своим геометрическим, весовым и физико-механическим показателям, то оно имеет различную длину своего критического пути. То есть, максимальную длину пути, при которой его сепарация через верхнее решето может не произойти. Так у, зерна кукурузы, сои и чечевицы длина критического пути зерновки L_{kp} небольшая ввиду её значительной массы в сравнении с пшеницей и ячменём, и при сепарации стандартной длины решета достаточно.

Экспериментальные исследования позволяют сделать вывод, что L_{kp} для таких культур как кукуруза на 1/3 менее, чем для пшеницы.

Введём понятие коэффициента длины удлинителя K_L , оказывающего влияние на сепарацию.

$$K_L = \frac{L_{уд}}{L_{kp}}.$$

где: $L_{уд}$ – длина удлинителя грохота;

L_{kp} – длина критического пути.

Рациональным условием, когда потери свободным зерном и необмолоченными колосьями $q_{уд2} \rightarrow 0$, когда $L_{уд} > L_{kp}$ (рис. 1).

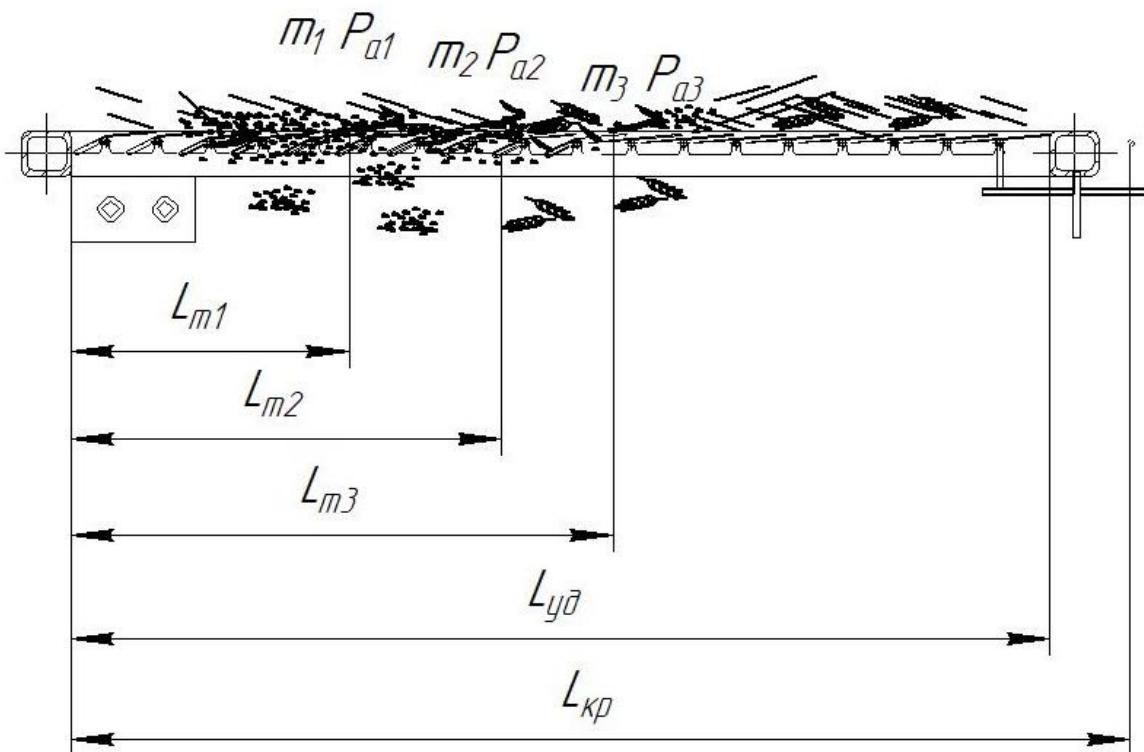


Рисунок 3. Схема изменения массы свободного зерна при прохождении через удлинитель: m_1, m_2, m_3 – массы свободного зерна в зависимости от положения на поверхности удлинителя; P_{a1}, P_{a2}, P_{a3} – вероятность прохождения масс через зазоры гребёнок; L_{m1}, L_{m2}, L_{m3} – длина пути сепарации масс через удлинитель грохота; $L_{y\partial}$ – длина удлинителя; L_{kp} – критическая длина пути зерновки

Очевидно, что вектор направления движения свободного зерна в общем ворохе соломистых и сорных примесей будет направлен вниз. Это обусловлено тем, что зерновка не имеет каких-либо связей с частицами вороха, кроме силы скольжения и инерции в различных направлениях при колебательном движении решета.

3. Неравномерность распределения воздушного потока по плоскости верхнего решета

В исследованиях, посвящённых распределению скорости воздушного потока по поверхности решета [4] было установлено, что скорость по краям выше, чем в его центральной части. Поскольку в передней части решета поступает основная масса зернового вороха, то целесообразно увеличение скорости воздушного потока в этой зоне. Увеличение же скорости воздушного потока в задней части решета, способствует повышению потерь зерна за ВРО его выдувом [4, 8].

4. Влияние работы зерноуборочного комбайна на склонах

Так, в исследованиях С.Ф. Сороченко было установлено влияние на потери зерна за ВРО угла наклона зерноуборочного комбайна. Согласно ГОСТ 29301-2015 «Комбайны зерноуборочные. Методы испытаний» параметром, характеризующим работу комбайна является номинальная производительность. Потери зерна при работе зерноуборочных комбайнов имеют свои предельные значения, которые обусловлены приведённой подачей хлебной массы и соотношения массы зерна к массе соломы 1:1,5. При таком соотношении потери зерна за молотилкой не должны превышать 1,5%; повреждение зерна – 2,0%; содержание сорных примесей в бункерном ворохе – 2,0% [6].

Потери зерна в соломе характеризуют эффективность работы молотильного аппарата и соломотряса. Потери свободным зерном от воздействия воздушного потока вентилятора и потери выходом в полову оценивают эффективность работы воздушно-решётной очистки [5].

Исследованиями установлено, что при движении комбайна по ровному полю потери зерна за соломотрясом и ветро-решётной очисткой незначительно различаются между собой. Согласно исследованиям Н.Д. Занько работа зерноуборочного комбайна 3-го класса характеризуется потерями зерна за соломотрясом 0,55 %, за ветро-решётной очисткой – 0,28 %. Полученные значения не противоречат результатам производственной оценки на Алтайской МИС. При подаче хлебной массы в молотилку 5,38 кг/с, содержание свободного зерна в соломе составило 0,76 %, сходом в полову – 0,3 % [6].

5. Неравномерная подача хлебной массы в молотильный аппарат

В этом случае зерновой ворох подаётся на верхнее решето порциями, что также способствует потерям зерна либо выдувом, либо недомолоченными колосьями.

Неравномерность подачи может возникать вследствие следующего [7]:

- увеличение зазора между навивкой шнека жатки и днищем;
- увеличенного зазора между граблинами мотовила и навивкой шнека;
- увеличенного зазора между ветровым щитом жатки и упорами наклонной камеры;
- уменьшенного зазора между пальцами шнека и днищем.

6. Влажность вороха и засорённость посевов

Известно, что наиболее благоприятные условия для комбайновой уборки создаются при влажности зерна 17-22 % (кондиционная влажность 14-15 %). В случае высокой засорённости хлебов зелёными сорняками увеличивается влажность и засорённость вороха, что осложняет работу ВРО. Засорённость оценивают по количественному содержанию сорных растений в скошенной массе. Засорённость в зоне среза до 5 % не оказывает негативного влияния на функционирование ВРО. В случае, когда она составляет 5-26 %, потери зерна

возрастают. В этом случае целесообразно выбирать пониженную скорость движения комбайна. В случае превышения значения содержания сорных примесей в 26 %, то уборка с минимальным значением потерь невозможна. Слишком влажное зерно и повышенное содержание сорных примесей способствуют забиванию решёт и снижают сепарацию. [7].

Список использованной литературы

1. К вопросу целесообразности применения индустриально-поточной технологии механизированной уборки зерновых культур / И. Н. Глушков, И. В. Герасименко, М. Р. Курамшин [и др.] // Национальные приоритеты развития агропромышленного комплекса : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Оренбург, 15 ноября 2024 года. – Оренбург: Оренбургский государственный аграрный университет, 2024. – С. 111-115. – EDN XJYQGC.
2. Миренков, В. В. Анализ работы вентилятора системы очистки зерноуборочного комбайна / В. В. Миренков, В. Ф. Хиженок, П. Е. Родзевич // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. – 2012. – № 2(49). – С. 18-25. – EDN PXZCTZ.
3. Оценка перспектив уборки зерновых порционным методом в качестве пострекультивационных мероприятий / И. Н. Глушков, Ю. А. Ушаков, М. Р. Курамшин, А. Н. Зубцова // Совершенствование инженерно-технического обеспечения производственных процессов и технологических систем : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 70-летнему юбилею начала освоения целинных и залежных земель в Оренбургской области, Оренбург, 02 февраля 2024 года. – Москва: ООО "Издательство "Перо", 2024. – С. 217-221. – EDN UDABNT.
4. Патент № 2621026 С Российской Федерации, МПК A01F 12/48. Вентилятор системы очистки зерноуборочного комбайна : № 2016105632 : заявл. 18.02.2016 : опубл. 30.05.2017 / С. Г. Мударисов, И. Д. Бадретдинов, Р. Р. Насыров ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Башкирский государственный аграрный университет". – EDN VKXDHF.
5. Сороченко, С. Ф. Модель сепарации зерна в системе очистки при поперечном крене зерноуборочного комбайна / С. Ф. Сороченко // Ползуновский вестник. – 2014. – № 4-1. – С. 64-68. – EDN SZJQWT.
6. Сороченко, С. Ф. Конкурентоспособность зерноуборочных комбайнов, предназначенных для работы на склонах / С. Ф. Сороченко // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 9(143). – С. 158-164. – EDN WVQKYL.

7. Как бороться с потерями при уборке комбайном [Электронный ресурс]: Кол-Агро. Режим доступа: <https://kolagro.by/stories/kak-borotsya-s-poteryami-pri-uborke-kombaynom>
8. Modeling the process of heap separation in the grain harvester cleaning system / I. I. Gabitov, I. D. Badretdinov, S. G. Mudarisov [et al.] // Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2018. – Vol. 13, No. S8. – P. 6517-6526. – DOI 10.3923/jeasci.2018.6517.6526. – EDN VAHKBK.

Научная статья

УДК: 631.31 (470.44)

С.В. Старцев, А.В. Павлов, Е.С. Нестеров

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н. И. Вавилова», г. Саратов

ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗАГОННЫХ ПЛУГОВ К ТРАКТОРАМ ТЯГОВОГО КЛАССА 5

Аннотация: Рассмотрены конструкции и технические характеристики отечественных загонных лемешно-отвальных плугов общего назначения серийных ПП-9-35, ПЛН-8-35, ПНУ-8-40П и разработанного ПБС-8, рассчитаны зависимость тяговой мощности тракторов тягового класса 5 от скорости движения агрегата и кинематические показатели пахотных агрегатов, зависимость мощности, затрачиваемой на выполнение технологического процесса обработки почвы плугами от скорости движения пахотного агрегата, проанализированы эксплуатационно-технологические показатели плугов по результатам исследований на машиноиспытательных станциях.

Ключевые слова: плуг, пахотный агрегат, вспашка почвы, мощность, тяговое сопротивление, ширина захвата, скорость, производительность.

S.V. Startsev, A.V. Pavlov, E.S. Nesterov

Saratov State University of genetics, biotechnology and engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

ASSESSMENT OF OPERATIONAL AND TECHNOLOGICAL INDICATORS OF PLOUGHES FOR TRACTORS OF TIE CLASS 5

Annotation: The article discusses the design and technical characteristics of domestic general-purpose ploughs, such as the PP-9-35, PLN-8-35, PNU-8-40P, and the newly developed PBS-8. The article also calculates the dependence of the tractive power of class 5 tractors on the speed of the plough unit and the kinematic parameters of the plough units. The dependence of the power required to perform the technological process of soil cultivation with ploughs on the speed of the ploughing unit was analyzed, and the operational and technological performance of the ploughs was evaluated based on the results of research at machine testing stations.

Keywords: plow, ploughing unit, soil ploughing, power, traction resistance, working width, speed, and productivity.

Введение. В системе обработки почвы под яровые культуры будущего сезона возделывания важной остается технология отвальной вспашки, проводимая в летне-осенний период. В обработанном виде почва уходит в зиму и подвергается воздействию низких температур. Это природное явление позволяет изменить строение пахотного слоя и его структурное состояние, обеспечивает наилучшие условия для поступления в почву и сохранения в ней влаги, очистить ее от семян и вегетативных органов размножения сорной растительности, зачатков болезней и вредителей [1-3]. Вспашка выполняется загонными и оборотными навесными, полунавесными или прицепными лемешно-отвальными плугами общего назначения, которые распространены практически во всех регионах Российской Федерации. Согласно отчёту Ассоциации «Росспецмаш» в 2023 году было произведено отвальных загонных плугов 2235 шт, оборотных плугов выпустили 599 единиц [4]. Соотношение количества используемых плугов сельхозтоваропроизводителями явно свидетельствует о наиболее востребованных загонных плугах.

На рисунке 1 представлены основные загонные лемешно-отвальные плуги отечественного производства, агрегатируемые с тракторами тягового класса 5.

Плуги ПП-9-35, ПЛН-8-35 и ПНУ-8-40П могут оснащаться предплужниками для культурной вспашки. Применяется данный способ обработки грунта на старопахотных полях, где переворачиваемый горизонт не делится пластами, а рассыпается небольшими фракциями. Предплужник вырезает в земле небольшую призму, которая вместе с пластом переворачивается отвалом плуга и падает на дно борозды, после чего сверху ее засыпает раскрошившийся пласт.

Совершенствованием технологии отвальной обработки почвы в направлении сбережения энергетических и трудовых ресурсов разработаны загонные скоростные плуги серии ПБС (рисунок 1,г) [5,9]. В отличии от известных плугов в конструкции корпуса плуга ПБС (рисунок 2) отсутствует полевая доска, а функцию устойчивости плуга выполняет левый «короткий» лемех. В таком исполнении у корпуса левый лемех представляет собой вид

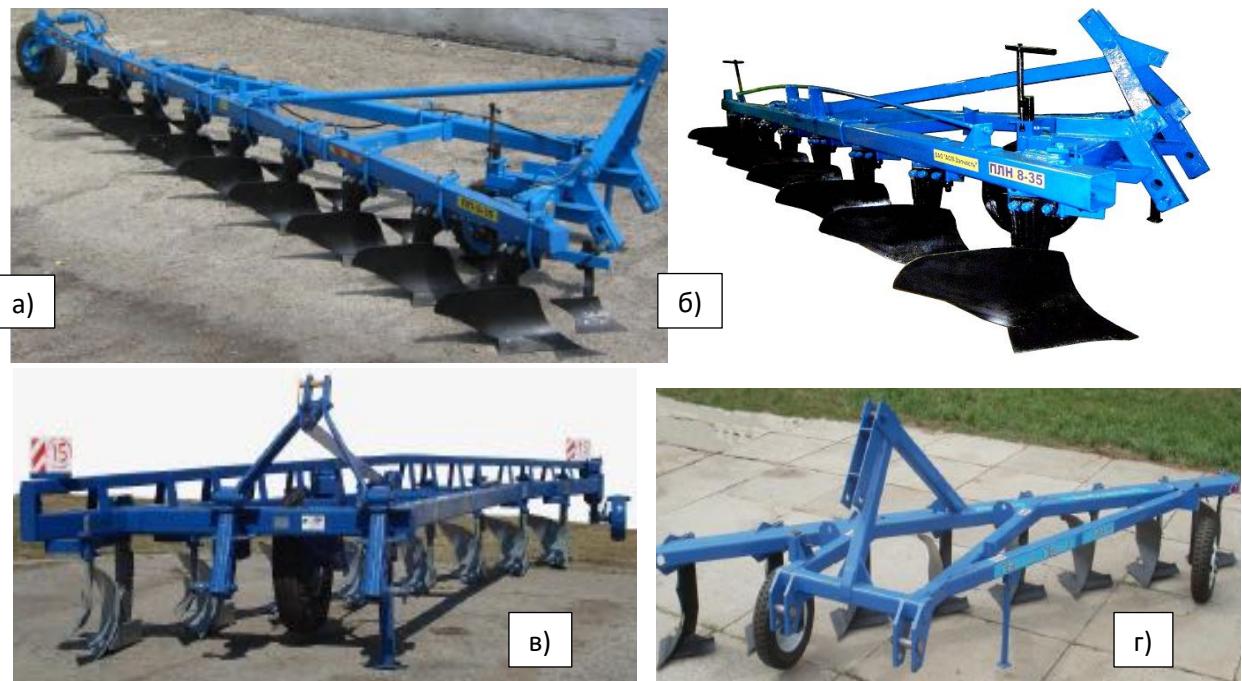


Рисунок 1 – Плуги загонные: а) – полунаавесной ПП-9-35; б) – наавесной ПЛН-8-35; в) – наавесной ПНУ-8-40П; г) – наавесной ПБС-8.

односторонней плоскорежущей лапы, подрезающей пласт почвы со стороны полевого обреза и поступающей на следующий корпус плуга. Следующий корпус плуга ПБС правым «длинным» лемехом подрезает свою часть пласта почвы со стороны бороздного и также захватывает подрезанный пласт левым лемехом. Обе части почвы поступают на отвал, крошаются, перемещаются и укладываются в открытую борозду. Плуги серии ПБС не оснащаются предплужниками, пожнивные остатки распределяются в слое раскрошенной почвы.



Рисунок 2- Корпус плуга ПБС.

Технические характеристики загонных плугов [6] представлены в таблице 1, полученные по результатам экспертизы на машиноиспытательных станциях. Анализ таблицы 1 показывает, что эксплуатационная масса не зависит от ширины захвата плуга. У плугов ПП-9-35, ПЛН-8-35 и ПНУ-8-40П находится в пределах 621,4-771,9 кг/м, у плуга ПБС-8 при ширине захвата 4,8м удельная металлоемкость составляет 355,8 кг/м, при этом длина плуга ПБС-8 меньше на 1,8-3,15 м относительно рассматриваемых плугов.

Таблица 1.
Техническая характеристика загонных плугов

Показатель	Значение показателя по данным испытаний			
Марка	ПП-9-35	ПЛН-8-35	ПНУ-8-40П	ПБС-8
Конструктивная ширина захвата, м	3,15	2,8	3,2	4,8
Рабочая ширина захвата, м	до 3,41	2,6	3,30...3,37	4,5
Рабочая скорость, км/ч	до 9	6,0	8,22...9,98	8,5
Масса эксплуатационная, кг	2370	1740	2470	1708
Глубина обработки, см	до 30	до 30	до 30	до 30
Габаритные размеры, мм: в рабочем положении				
длина	6300	6500	7650	4500
ширина	4000	3600	4040	4720
высота	1720	1680	1780	1900

Таким образом, отличие конструкции и технических характеристик загонного плуга ПБС от известных плугов (ПП, ПЛН, ПНУ) повлияет на эксплуатационно-технологические показатели выполнения технологического процесса отвальной вспашки.

Цель исследований. Определить затраты тяговой мощности тракторов тягового класса 5 при агрегировании загонных плугов и оценить их работу по эксплуатационно-технологическим показателям.

Методика исследований. Для сравнения технических характеристик и эксплуатационно-технологических показателей загонных лемешно-отвальных плугов использовались данные протоколов испытаний почвообрабатывающих орудий на государственных машиноиспытательных станциях [6,9]. Теоретические исследования проводили с использованием основных положений теории расчета сельскохозяйственных машин и производственной эксплуатации машинно-тракторного парка [7,8].

Результаты исследований. Используя данные тяговых испытаний тракторов тягового класса 5 К-744Р1, МТЗ-2522, К-701 по стерне построили их потенциальные тяговые характеристики (рисунок 3). Из графика видно, что зона эффективной загрузки всех тракторов по тяговому КПД, при достаточном сцеплении, находится в диапазоне скоростей движения 2,2-2,6м/с. Затраты мощности на тягу у трактора К-744Р1, в этом скоростном режиме, составляют 158-155кВт. Затраты мощности на тягу у тракторов МТЗ-2522 и К-701 соответственно составляют 155-151кВт и 150-147кВт.

Мощность N_n необходимую для работы загонных плугов рассчитали, используя формулу для определения тягового сопротивления плуга R_n , предложенную академиком В.П. Горячким [8]:

$$N_n = R_n \cdot v_n = (fG + kaB_n + \varepsilon aB_n v_n^2) v_n, \quad (1)$$

где: f - коэффициент трения корпусов плуга о почву ($f=0,5$ для ПЛН-8-35; $f=0,8$ для ПБС-8);

G - сила тяжести плуга, кН;

B_n - ширина захвата плуга, м;

k - коэффициент, характеризующий способность почвенного пласта сопротивляться деформации ($k = 35,5$, кН/м²);

a - глубина обрабатываемого слоя почвы $a=0,27$, м;

ε - коэффициент, зависящий от формы отвала и свойств почвы ($\varepsilon = 3,43$ для ПЛН-8-35; $\varepsilon = 1,58$ для ПБС-8), кНс²/м⁴.

v_n – скорость движения пахотного агрегата, м/с.

Анализируя график (рисунок 3) можно установить, что для использования серийных загонных плугов ПЛН-8-35 (ПП-9-35, ПНУ-8-40П) в данных условиях требуется от 105 до 135кВт мощности рассматриваемых тяговых энергетических средств, причем имеется запас неиспользуемой мощности. На агрегатирование разработанного плуга ПБС-8 тракторами К-744Р1 и МТЗ-2522 в диапазоне скорости 2,2-2,6м/с необходимо затратить 125-155кВт. Агрегатирование плуга ПБС-8 трактором К-701 ограничивается максимальной скоростью 2,5м/с и полными затратами тяговой мощности 150кВт. Расчеты полученных зависимостей свидетельствуют о влиянии технических характеристик, условий работы плугов на эксплуатационные показатели – производительность и погектарный расход топлива.

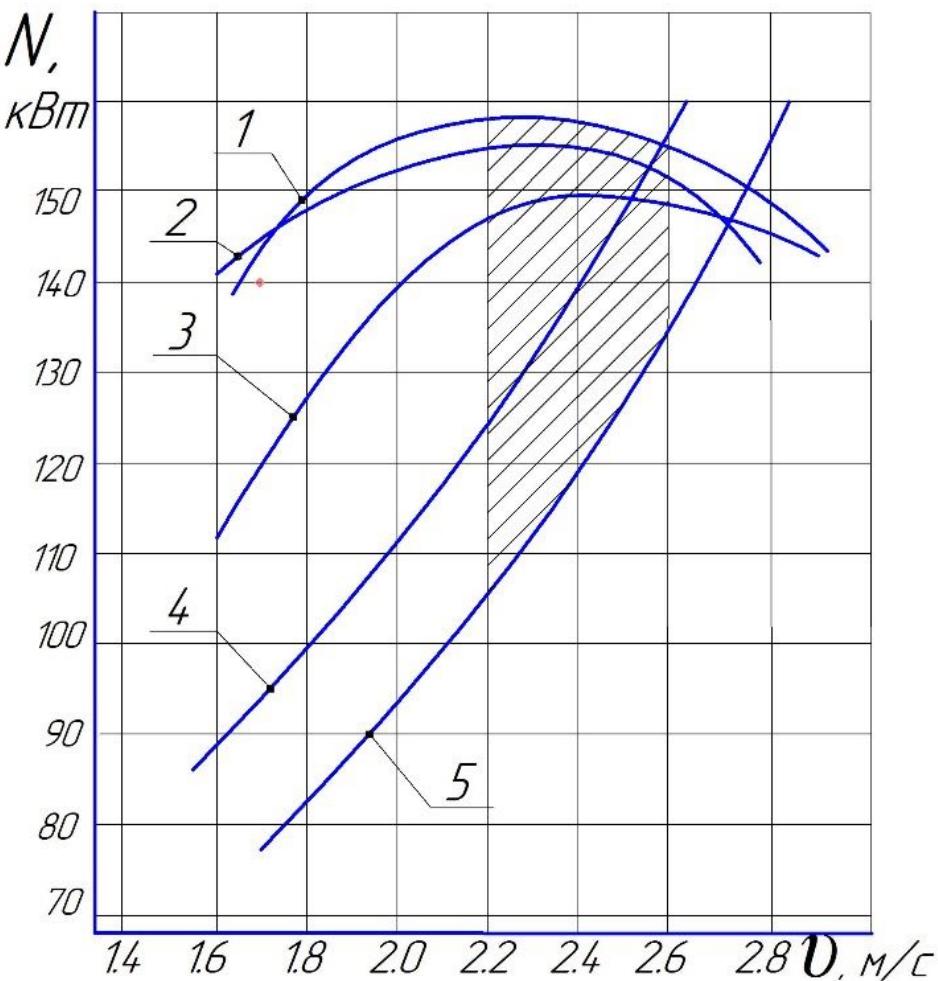


Рисунок 3. Зависимость мощности N , затрачиваемой на выполнение технологического процесса обработки почвы плугами от скорости v движения пахотного агрегата: потенциальная тяговая характеристика трактора 1- К-744Р1; 2- МТЗ-3522; 3- К-701; 4- плуг ПБС-8; 5-плуг ПЛН-8-35.

На эксплуатационные показатели использования загонных плугов также влияют их кинематические характеристики: кинематическая длина и ширина. Особенно при выполнении холостого хода агрегата при выполнении поворотов в загоне [7]. На основании известных формул [7] (таблица 2) определены кинематическая длина, ширина, радиус поворота, длина выезда агрегата, ширина поворотной полосы, средняя длина холостого хода плуга ПЛН-8-35 и ПБС-8. Расчетные данные показывают, что увеличение ширины захвата плуга ПБС-8 относительно плуга ПЛН-8-35 повлияло на радиус поворота агрегата -11,6м, длину холостого хода -10м и ширину поворотной полосы -4,6м. Таким образом при равных размерах ширины загона $C=150$ м, этот участок поля будет обработан за меньший промежуток времени плугом ПБС-8 (количество рабочих циклов 16шт), чем плугом ПЛН-8-35 (количество рабочих циклов 23шт).

Таблица 2

Кинематические параметры пахотных агрегатов

№п/п	Наименование	Обозначение, формула	ПЛН-8-35	ПБС-8
1	Ширина захвата, м	B_k	3,2	4,8
2	Кинематическая длина, м	$L_{арп} = L_{тр} K-701 + L_{пл}$	9,9	7,9
3	Кинематическая ширина, м	$d_k = B_k / 2$	1,6	2,4
4	Радиус поворота, м	$R_o = B_k$	3,2	4,8
5	Длина выезда на поворотную полосу, м	$e = 0,25 L_{арп}$	2,5	1,9
6	Ширина поворотной полосы, м	$E = 2,8 R_o + e + d_k$	13,1	17,7
7	Длина холостого хода, м	$L_{хх} = 7 R_o + 2e$	27,4	37,4
8	Ширина загона, м	C	150	150
9	Количество циклов в загоне, шт	$n_{ц} = C / 2 B_k$	≈ 23	≈ 16

(кинематическая длина трактора К-701 $L_{тр} K-701 = 3,4$ м).

В таблице 3 представлены эксплуатационно-технологические показатели пахотных агрегатов с загонными плугами по результатам испытаний на МИС, при обработке стерневого фона на различную установочную глубину 22-30см [6] работы пахотных агрегатов.

Таблица 3

Эксплуатационно-технологические показатели плугов

Показатель	Значение показателя			
	К-701 ПП-9-35	К-744Р1 ПЛН-8-35	МТЗ - 3522 ПБС-8	К-701 ПНУ-8- 40П
Состав агрегата: - трактор - плуг				
Режим работы: - рабочая скорость, км/ч - рабочая ширина захвата, м	7,79 3,41	6,0 2,6	8,5 4,5	8,22 3,3
Производительность за 1 час основного времени, га	2,65	1,57	3,82	2,71
Погектарный расход топлива, кг/га	18,70	28,06	13,59	20,27
Средняя глубина обработки, см	22,8	28,6	23,4	26,9
Крошение почвы, % размер фракций до 50 мм включительно	77,2	-	80,2	77,2
Полнота заделки растительных остатков, %	94,2	100	97,8	89,2
Глубина заделки растительных остатков, см	12,5	-	14,5	12,2
Гребнистость поверхности поля, см	2,0	3,3	4,0	4,9
Забивание и залипание рабочих органов	Не наблюдалось	Не наблюдалось	Не наблюдалось	Не наблюдалось

Данные таблицы 3 показывают, что рабочая ширина захвата у всех загонных плугов отличается от конструктивной, как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения. Это повлияло на часовую производительность агрегатов.

Так при изменении рабочей ширины захвата плуга ПП-9-35 от конструктивной на 0,26м, при скорости 7,79км/ч производительность составила 2,65га/ч. Практически равная этому плугу производительность у агрегата с плугом ПНУ-8-40П при скорости 8,22км/ч 2,71га/ч. При рабочей ширине захвата 2,6м плуга ПЛН-8-35 и рабочей скорости 6,0км/ч производительность установлена на уровне 1,57га/ч. Производительность за 1 час основного времени 3,82га при рабочих ширине захвата 4,5м и скорости 8,5км/ч получена у плуга ПБС-8. Также отличается у загонных плугов погектарный расход топлива 28,06кг/га у плуга ПЛН-8-35 и 13,59кг/га у ПБС-8, ниже на 14,47кг или на 48,43%.

По качеству выполнения технологии вспашки все рассматриваемые загонные плуги соответствуют агротехническим требованиям (АТТ [8]) предъявляемым к основной отвальной обработке почвы. Крошение почвы на уровне 80%, с полной заделкой пожнивных и растительных остатков от 89,2 до 100%. Стерня запахивалась в пахотный слой на глубину 12,2-14,5см, причем плуги ПП-9-35, ПНУ-8-40П оснащены предплужниками, а плуг ПБС-8 не имеет таких рабочих органов. Гребнистость поверхности пашни соответствовала АТТ (до 5см) у всех агрегатов с загонными плугами.

Заключение. Конструкция и технические характеристики основных загонных лемешно-отвальных плугов отечественного производства, агрегатируемые с тракторами тягового класса 5 ПП-9-35, ПЛН-8-35, ПНУ-8-40П и ПБС-8 отличаются по эксплуатационно-технологическим показателям. Для использования плугов с тракторами К-744Р1, МТЗ-2522 и К-701 в диапазоне скорости 2,2-2,6м/с необходимо затратить от 125 до 155кВт тяговой мощности. Увеличение ширины захвата плуга ПБС-8 относительно плуга ПЛН-8-35 снижает количество циклов при обработке ширины загона и повышает производительность агрегата. При рабочих ширине захвата 4,5м и скорости 8,5км/ч производительность за час основного времени плуга ПБС-8 составила 3,82га, погектарный расход топлива 13,59кг/га, что позволяет улучшить ресурсосберегающие показатели технологии отвальной обработки почвы.

Список использованной литературы

1. Картамышев Н.И., Тимонов В.Ю., Чернышева Н.М., Балабанов С.С. История развития вопроса обработки почвы//Вестник Курской ГСХА, №5,2009.-с.45-47.
2. Конищев А.А. 2013. Обработка почвы: вчера, сегодня, завтра. Изд. ФГОУ ВПО ИГСХА им. академика Д.К. Беляева, Иваново, - 127с.
3. Жученко А.В., Оберемок В.А. Комбинированный способ основной обработки почвы и сравнительная энергетическая оценка различных

технологических процессов обработки почвы // Научный журнал КубГАУ, №116(02), 2016. с.1-13.

4. Сколько плугов выпустили в РФ в 2023 году? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://dzen.ru/a/Ze1pzyVIEXTGR0-?ysclid=m6o79zp6s948146755> (дата обращения 05.09.2025).
5. Бойков В.М., Старцев С.В. Разработка лемешно-отвальных плугов для тракторов тягового класса 5// Аграрный научный журнал. 2024. №11. С. 113–119. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i11pp113-119>
6. Сравнительный анализ технического уровня плугов по результатам испытаний на машиноиспытательных станциях. ФГБУ ГИЦ. Солнечногорск. 2014. -75с.
7. Скороходов А.Н., Левшин А.Г. Производственная эксплуатация машинно-тракторного парка. М. Бибком, 2021.-478с.
8. Халанский В.М., Горбачев И.В. Сельскохозяйственные машины.- М.КолосС, 2004.-624с.
9. Чупин П.В., Союнов А.С., Кирасиров О.М., Кузьмин Д.Е. Сравнительный анализ работы плугов, изготавливаемых отечественными предприятиями// Вестник Омского ГАУ. №2(34). 2019. с.173-184.

УДК 631.31

Научная статья

A.A. Трухачев, К.А. Сохт, А.Э. Богус

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина,
Россия

ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ДИСКОВЫХ БОРОН: АНАЛИЗ ПРИЧИН ЗАБИВАНИЯ И КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ

Аннотация: в статье проведен анализ проблематики забивания междискового пространства почвой и растительными остатками. Выявлены ключевые причины снижения надежности для орудий как батарейного типа, так и с индивидуальным креплением дисков. Предложены и проанализированы конструктивные решения, направленные на повышение проходимости почвенной массы между рабочими органами.

Ключевые слова: дисковая борона, технологическая надежность, забиваемость

A.A. Trukhachev, K. A. Sokht, A. E. Bogus

I.T. Trubilin Kuban State Agrarian University, Russia

IMPROVING THE TECHNOLOGICAL RELIABILITY OF DISC HARROWS: ANALYSIS OF THE CAUSES OF CLOGGING AND CONSTRUCTIVE SOLUTIONS

Annotation: The article analyzes the problems of clogging the interstitial space with soil and plant residues. The key reasons for the decrease in reliability for both battery-type and individually mounted guns have been identified. Constructive solutions aimed at increasing the permeability of the soil mass between the working bodies are proposed and analyzed.

Keywords: disc harrow, technological reliability, clogging

Технологическая надежность является критически важным показателем для дисковых борон и лущильников, коэффициент которой по нормативам должен составлять не менее 0,99. Однако для орудий батарейного типа, например, БДТ-7, ЛДГ-5 этот показатель на практике не превышает 0,75–0,85 [1,

5]. Основная причина – забивание междискового пространства, обусловленное малым расстоянием между дисками, всего около 220 мм и их синхронным вращением на общем валу. Проблема усугубляется при работе на почвах с повышенной влажностью $>30\%$ и при большом количестве пожнивных остатков в пределах 6-8 т/га. Низкая надежность батарейных орудий стала одной из ключевых причин разработки борон с фронтальным расположением дисков на индивидуальных стойках [6].

Процесс забивания является многофакторным и зависит от комплекса взаимосвязанных параметров:

1. Эксплуатационные условия: Повышенная влажность и липкость почвы, наличие большого количества >5 т/га и неравномерное распределение растительных остатков.

2. Технологические параметры: Чрезмерная глубина обработки, завышенный угол атаки, низкая скорость движения агрегата $<6-7$ км/ч.

3. Конструктивные параметры: Неоптимальный выбор диаметра диска, радиуса кривизны его сферической поверхности и угла наклона к вертикали.

4. Технологическая схема расстановки: Неэффективная компоновка рабочих органов, не обеспечивающая свободное прохождение почвенной массы.

Классические рекомендации по предотвращению заклинивания, такие как выбор диаметра диска и междискового расстояния, являются необходимыми, но недостаточными для решения проблемы в полном объеме [2, 4]. Для повышения технологической надежности учеными предложен ряд конструктивных решений.

Для борьбы с налипанием почвы в центральной зоне диска, где наблюдается низкое удельное давление, предложен диск с радиальными прорезями [3]. Конструкция прорези в виде криволинейного четырехугольника с саблевидными кромками, ориентированными выпуклой стороной по направлению вращения, позволяет уменьшить площадь контакта диска с почвой, тем самым увеличивая удельное давление и способствуя самоочищению и обеспечить эффективное резание со скольжением стеблей растительных остатков, попадающих в прорезь.

Другая конструктивно-технологическая схема компоновки предусматривает использование чередования дисков разного диаметра. Одной из причин прогрессирующего забивания в батарейных орудиях является синхронное вращение дисков. При замедлении одного диска снижается угловая скорость всей батареи. Для решения этой проблемы предложена схема, обеспечивающая вращение соседних дисков с разной угловой скоростью [3]. На поперечной балке автономно устанавливаются стойки разной длины, несущие диски разного диаметра, режущие кромки которых находятся на одном уровне.

Чередование дисков малого и большого диаметра в ряду и их смещенное расположение в последующих рядах создает эффект взаимного очищения и предотвращает синхронное заклинивание.

Также предложена прогрессивная схема компоновки рабочих органов, технологические основания ее разработки основываются на следующих умозаключениях. В батарейных орудиях увеличение угла атаки, с одной стороны, увеличивает продольное расстояние между дисками, что снижает забиваемость, но, с другой – уменьшает поперечное, что ее увеличивает. Для орудий с индивидуальным креплением это ограничение можно преодолеть. Предложено устройство, где несущие балки с рабочими органами шарнирно закреплены на хребтовой балке и могут регулироваться по углу наклона к направлению движения [3]. Это позволяет независимо регулировать угол атаки и междисковое расстояние. Таким образом, одна и та же борона может быть оптимально настроена как для глубокого дискования 10-14 см, так и для мелкого мульчирования 4-6 см путем простой перенастройки угла наклона балок, что обеспечивает высокую технологическую надежность в различных условиях.

Повышение технологической надежности дисковых борон требует комплексного подхода, выходящего за рамки классических рекомендаций по выбору диаметра и междискового расстояния. Представленные конструктивные решения – диски с прорезями, схема чередования дисков разного диаметра и устройство с регулируемыми балками – направлены на устранение ключевых причин забивания: налипания почвы, синхронного вращения и неадаптивности геометрии расстановки рабочих органов к изменяющимся условиям. Дальнейшие исследования должны быть сосредоточены на экспериментальной проверке и оптимизации параметров данных решений для их успешной реализации в современных почвообрабатывающих агрегатах

Список использованной литературы

1. Заглубляющая способность дисковых борон и лущильников / Е. И. Трубилин, К. А. Сохт, В. И. Коновалов, В. В. Кравченко // Сельский механизатор. – 2013. – № 11. – С. 14-15. – EDN PZFMVM.
2. Коновалов, В. И. Влияние конструктивно-технологических параметров дисковых рабочих органов на высоту гребня дна борозды / В. И. Коновалов, С. И. Коновалов, В. В. Жадько // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 184. – С. 63-76. – DOI 10.21515/1990-4665-184-008. – EDN ZPNQIC.

3. Сохт, К. А. Дисковые бороны и лущильники. Проектирование технологических параметров / К. А. Сохт, Е. И. Трубилин, В. И. Коновалов. – Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2014. – 164 с. – EDN ZCXOCD.
4. Трубилин, Е. И. Равновесие дисковых борон и лущильников в горизонтальной плоскости / Е. И. Трубилин, К. А. Сохт, В. И. Коновалов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 40. – С. 166-169. – EDN PWZCCD.
5. Konovalov, V. I. Comparative Agrotechnological Assessment of Disk Tillage Tools / V. I. Konovalov, S. I. Konovalov, A. Strakhov // E3S Web of Conferences : International Conference on Advances in Agrobusiness and Biotechnology Research (ABR 2024), Kuban State Agrarian University named after. I.T. Trubilina, 23–24 января 2024 года. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2024. – P. 01008. – DOI 10.1051/e3sconf/202449301008. – EDN THEHHC.
6. Sokht, K. A. Uniformity of the soil tillage depth with tools with disk working bodies / K. A. Sokht, V. I. Konovalov // E3S Web of Conferences, Krasnodar, 30–31 мая 2023 года / Kuban State Agrarian University. Vol. 398. – Krasnodar: EDP Sciences, 2023. – P. 01012. – DOI 10.1051/e3sconf/202339801012. – EDN NTEYQB.

Научная статья
УДК 630*:658

C.B.Фокин

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, Россия

O.N.Шпортько

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., Россия

ОБ АПРОБАЦИИ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ОТХОДОВ ЛЕСОЗАГОТОВКИ

Аннотация: В статье приводятся результаты апробации устройства для измельчения отходов лесозаготовки на публичных мероприятиях и в производственных условиях.

Ключевые слова: Лесозаготовительное производство, лесные вырубки, топливная щепа, рубильная машина.

S.V. Fokin

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Russia

O.N.Shportko

Saratov State Technical University named after Gagarina Y.A.

ON APPROVAL OF A DEVICE FOR GRINDING WOODSHEDS

Annotation: The article presents the results of testing a device for grinding logging waste at public events and in production conditions.

Keywords: Logging production, forest felling, fuel chips, chopping machine.

Разработка измельчителя лесосечных отходов осуществлялась в рамках государственного контракта (№43.044.1) с Минобрнауки РФ, а именно по направлению 2615 – технологические решения для обеспечения общества лесными ресурсами при принципах устойчивого лесопользования, а также в соответствии с планом межвузовских НИОКР по теме № 8. Данная тема охватывала "Разработку машин и технологий для повышения продуктивности лесов, создания лесных культур и агролесомелиоративных насаждений с исследованием их экологической роли", включая раздел "Разработка

региональных ресурсосберегающих способов и технологий производства лесных культур на вырубках" [1,2].

Внедрение разработанного оборудования для утилизации порубочных остатков было произведено в лесничествах Энгельсском и Саратовском (Саратовская область), а также в Камешкирском лесхозе (Пензенская область). Применение заключалось в очистке вырубок и преобразовании отходов лесозаготовок в топливную щепу. Производительность измельчителя порубочных остатков (см. рисунок 1) достигала 28 плотных кубических метров в час [3,4].

Представленная работа получила признание на конкурсе «Рациональное природопользование и охрана окружающей среды – стратегия устойчивого развития России в XXI веке», проходившем в рамках международной конференции Министерства природных ресурсов РФ «Устойчивое развитие: природа-общество-человек» (Москва, июнь 2006 г.), где была отмечена дипломом (приказ Министерства природных ресурсов РФ № 07-53\5096 от 26.06.2006 г.). Кроме того, разработка была продемонстрирована на VI Саратовском салоне изобретений, инноваций и инвестиций (Саратов, 2011 г.) и на XIV Российской агропромышленной выставке «Золотая осень», где удостоилась бронзовой медали [5,6].



Рисунок 1. Общий вид устройства для измельчения порубочных остатков

Анализ экономических показателей указывает на целесообразность использования приспособления для переработки лесосечных отходов. Внедрение данного устройства позволяет добиться увеличения производительности труда в среднем на 40% и снижения прямых издержек на 2%. Экономический эффект от применения составляет 1,9 рубля на каждый

переработанный кубический метр порубочных остатков, что эквивалентно 101 080 рублям ежегодно, при сроке возврата инвестиций в 1,9 года (21 месяц).

Использование отходов лесозаготовок в качестве биотоплива представляет собой экономически выгодное решение. Прибыль предприятия от переработки порубочных остатков в процессе расчистки вырубок достигает 95 рублей на кубический метр переработанного сырья. Сравнительная эффективность, оцениваемая по величине приведенных затрат, составляет 1655,1 рубля при производстве биотоплива из отходов лесосечных работ [7,8].

Предлагаемая конструкция устройства для измельчения порубочных остатков отличается простотой в эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте, благодаря небольшому количеству унифицированных узлов и деталей. Подготовка устройства к работе (подсоединение к тяговому агрегату) и процесс измельчения требуют участия всего двух человек, что значительно сокращает трудозатраты.

Безопасность проведения работ обеспечивается кинематической схемой самого устройства и технологией измельчения. Наличие механизма подъема порубочных остатков в загрузочный отсек способствует снижению трудоемкости и риска травматизма в процессе работы.

В областях Поволжского федерального округа (ПФО), относящихся к степной и лесостепной климатическим зонам, промышленная заготовка древесины не ведется, поскольку леса имеют защитный статус. Основными видами рубок здесь являются санитарные рубки и рубки ухода. Эти виды работ характеризуются малой площадью, труднодоступностью участков и их рассредоточенностью по территории лесного хозяйства.

В связи с этим, применение серийно выпускаемой отечественной и зарубежной лесохозяйственной техники для измельчения порубочных остатков представляется нецелесообразным, особенно в условиях нестабильной экономической ситуации. Приобретение импортных аналогов экономически невыгодно из-за их высокой стоимости (свыше 30 000 евро против 400 тысяч рублей за отечественные аналоги), при этом диапазоны производительности (4-25 м³/час) и параметры экологичности, безопасности и комфорта сравнимы.

Кроме того, специфика процесса измельчения порубочных остатков (существенные различия в прочностных характеристиках древесины у основания и вершины ветвей) не позволяет получать щепу высокого качества, поскольку в измельченной массе преобладают волокнистые включения длиной до 0,5 м, образующиеся при переработке вершинных частей веток.

Разработанная машина, оснащенная устройством для измельчения порубочных остатков, может применяться не только для расчистки территорий после лесотехнических мероприятий, но и для переработки древесных остатков

после удаления нежелательной растительности и ликвидации последствий стихийных бедствий. Она также способна перерабатывать древесный мусор в щепу. Этому способствует особая конструкция комбинированных ножей рубильной машины, позволяющая производить энергетическую щепу, отвечающую требованиям потребителей [9].

Анализ ближайших аналогов, таких как ИДО-150 (Россия), показывает, что серийная модель малопригодна для использования в условиях ПФО из-за особенностей лесовосстановительных работ. К недостаткам машины относятся: шасси измельчителя не адаптировано для передвижения по нераскорчеванным вырубкам из-за недостаточного дорожного просвета, а размеры загрузочного отсека не позволяют размещать порубочные остатки в полном объеме. Загрузка порубочных остатков в отсек производится вручную.

Предложенная конструкция устройства для измельчения порубочных остатков лишена этих недостатков. Для улучшения проходимости предусмотрено шасси с увеличенным дорожным просветом и пневматическими колесами большого диаметра (0,7 м). Ввиду специфики перерабатываемого материала, размеры загрузочного отсека устройства адаптированы к размерам порубочных остатков и составляют 600×1200×1800 мм. В конструкции разработанного устройства впервые применена высокоскоростная подача измельчаемого материала, что способствует повышению производительности работ по сравнению с существующими аналогами [10].

Список использованной литературы

1. Фокин, С. В. Моделирование машины для измельчения порубочных остатков / С. В. Фокин // Научное обозрение. – 2011. – № 5. – С. 258-265
2. Фокин, С. В. Способы транспортирования щепы из рубительных машин / С. В. Фокин, О. А. Фомина // Научная жизнь. – 2018. – № 2. – С. 10-15.
3. Цыплаков, В. В. О применении устройства для измельчения порубочных остатков при реконструкции защитных лесонасаждений / В. В. Цыплаков, С. В. Фокин // Научное обозрение. – 2011. – № 5. – С. 253-257.
4. Фетяев, А. Н. Об имитационной модели процесса измельчения порубочных остатков / А. Н. Фетяев, С. В. Фокин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2012. – № 2. – С. 291-294.
5. Фокин, С. В. О конструктивных особенностях дисковой рубительной машины для измельчения порубочных остатков / С. В. Фокин, О. А. Фомина // Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях : Материалы VII Международной научно-практической

конференции, Саратов, 17–19 марта 2020 года. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2020. – С. 390-393.

6. Фокин, С. В. О перспективных технических средствах для ведения агролесомелиоративных мероприятий / С. В. Фокин, А. Н. Фетяев, О. Н. Шпортько // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2-1. – С. 158.
7. Фокин, С. В. Об использовании математических методов моделирования рубительных машин / С. В. Фокин, О. А. Фомина // Фундаментальные исследования, методы и алгоритмы прикладной математики в технике, медицине и экономике : Материалы 17-ой Международной молодежной научно-практической конференции, Новочеркасск, 06–07 сентября 2018 года. – Новочеркасск: ООО "Лик", 2018. – С. 158-159.
8. Фокин, С. В. Технические средства, применяемые при очистке вырубок от отходов лесосечных работ / С. В. Фокин, А. В. Храмченко // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3, № 9-2(20-2). – С. 280-283.
9. Касторнова, А. В. Оценка потенциала естественного возобновления леса после сплошных рубок на территории Тюменского лесничества / А. В. Касторнова, С. В. Фокин, О. А. Фомина // Аграрный научный журнал. – 2023. – № 10. – С. 174-178.
10. Фокин, С. В. К обоснованию конструктивно-технологических параметров механизма выброса щепы из дисковой рубительной машины / С. В. Фокин, О. А. Фомина // Лесной вестник. Forestry Bulletin. – 2021. – Т. 25, № 2. – С. 99-107.

Научная статья
УДК 630*:658

C.B.Фокин

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, Россия

O.N.Шпортько

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., Россия

О ХАРАКТЕРИСТИКАХ ДРЕВЕСНОГО ТОПЛИВА И ТЕПЛОТВОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ МИНИ-КОТЕЛЬНЫХ

Аннотация: В статье рассматривается виды мини-котельных, применяемое в них теплотворное оборудование. Так же проводится анализ, применяемого в мини-котельных топлива.

Ключевые слова: Мини-котельная, теплотворное оборудование, топливная щепа, топливные брикеты.

S.V. Fokin

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Russia

O.N.Shportko

Saratov State Technical University named after Gagarina Y.A.

ABOUT THE CHARACTERISTICS OF WOOD FUEL AND HEAT-GENERATING EQUIPMENT FOR MINI-BOILER ROOMS

Annotation: The article discusses the types of mini-boilers and the heat-generating equipment used in them. It also analyzes the fuel used in mini-boilers.

Keywords: Mini-boiler room, heat-generating equipment, fuel chips, and fuel briquettes.

Мини-котельная – это теплогенераторная установка, произведенная и собранная на заводе в виде единого блока небольшого размера, откуда и произошло ее название. В ее состав входят один или несколько котлов, горелочное устройство, установка водоподготовки, средства оповещения о пожаре, вентиляционная система, дымоотвод, насосное оборудование, щиты автоматики и иные необходимые компоненты[1,2].

Область применения мини-котельных охватывает как индустриальный, так и частный сектор. Полнотью автоматизированные, они особенно популярны в ситуациях, где подключение к централизованной системе отопления либо затруднено, либо экономически нецелесообразно. Классификация данных отопительных комплексов осуществляется по различным критериям: типу используемого топлива, назначению, способу установки и виду теплоносителя.

По типу применяемого горючего, котлы подразделяются на следующие категории:

а) твердотопливные: использующие в качестве топлива дрова, пеллеты, брикеты или продукты деревообрабатывающей промышленности, такие как стружка, щепа и опилки. Этот тип топлива не оптимален для небольших котельных, так как требует регулярной загрузки топлива вручную и частой очистки.

б) электрические: функционирующие от электросети или генераторов. Однако, стоимость отопления с использованием электричества может быть довольно высокой.

в) газовые: работающие на природном или сжиженном газе. Газовые мини-котельные представляют собой наиболее экономичный и автономный вариант, способный функционировать без участия человека на протяжении всего отопительного сезона.

г) жидкотопливные: использующие мазут, отходы нефтехимического производства или дизельное топливо.

д) комбинированные газодизельные установки: применяют один вид топлива в качестве основного, а другой – как резервный, обеспечивая бесперебойную работу системы отопления.

В зависимости от функционала: одноконтурные: предназначены исключительно для нагрева воды в системе отопления; двухконтурные: способны как обогревать помещение, так и обеспечивать горячее водоснабжение для бытовых нужд.

По типу размещения: устанавливаемые на крыше; прилегающие к зданию; автономные, отдельно стоящие; мобильные, передвижные.

По типу теплоносителя: водогрейные или паровые (используют воду или пар для передачи тепла); комбинированные (пароводяные): применяют оба типа теплоносителей одновременно.

Широкий спектр доступных вариантов объясняется чрезвычайно разнообразными областями применения установок. В связи с этим, выбор наиболее подходящего решения требует учета специфики поставленных задач и преследуемых целей.

В ситуациях, когда отсутствует развитая газовая инфраструктура и затраты на подключение к газовой сети и установку соответствующего оборудования высоки, рациональным решением становится использование твердотопливных мини-котельных, выделяющихся своей экономичностью и доступной ценой на топливо [3,4].

Твердотопливные котлы получили самое широкое распространение на практике. В качестве основных видов топлива для них применяют следующие материалы: дрова, пеллеты (топливные гранулы), топливная щепа, уголь.

Дрова – это обработанная древесина, распиленная или расколотая, используемая в качестве топлива в печах, каминах и других отопительных устройствах для производства тепла, жара и, иногда, света. Низкое содержание влаги в топливе является ключевым фактором. Длина поленьев для каминов обычно составляет от 25 до 33 сантиметров. Наиболее важными качествами дров для каминов и печей являются их теплотворная способность, время горения, а также удобство использования, включая эстетику пламени и аромат [5,6].

Для эффективного обогрева важно, чтобы тепло выделялось постепенно и в течение длительного периода. Для отопления лучше всего подходят дрова, полученные из лиственных деревьев, таких как дуб, ясень, береза, орешник, тис и боярышник. Вот характеристики горения дров, изготовленных из разных видов древесины

Дрова из таких пород, как бук, берёза, ясень и лещина, не сразу разгораются, но способны гореть даже влажными благодаря низкому содержанию влаги. При этом, кроме бука, все они легко поддаются расколке. Ольховые и осиновые дрова отличаются чистым горением, не образуют сажу и способствуют очистке дымоходов.

Березовые поленья — отличный источник тепла, но при недостаточном притоке воздуха в печи сильно дымят и выделяют дёготь, который оседает в дымовой трубе. Сосновые дрова выделяют больше тепла, чем еловые, благодаря повышенному содержанию смолы и могут искрить при резком нагреве.

Дуб и граб обеспечивают максимальную теплоотдачу при сгорании, но тяжело колются. Древесина груши и яблони легко раскалывается и обеспечивает хорошее горение. Дрова из древесины средней твердости легко поддаются расколке.

Кедр формирует долго тлеющие угли. Дрова из вишни и вяза при горении выделяют много дыма. Дрова из платана отличаются легкостью розжига, но трудно раскалываются. Хвойные породы древесины обладают низкой теплотворной способностью, выделяют много дыма и искр, приводят к образованию смолистых отложений в дымоходе, но легко колются и зажигаются. Тополь и липа хорошо горят, сильно искрят и сгорают очень быстро.

Топливные пеллеты, или гранулы, – это спрессованное под большим давлением растительное сырье, представленное в виде цилиндрических гранул единого размера. Для их изготовления применяют кору деревьев, опилки, щепу и другие лесозаготовительные отходы, а также сельскохозяйственные отходы, такие как лузга подсолнечника, солома, некондиционный лен, и даже органические упаковочные материалы, например картонные коробки [7,8].

Изготовление пеллет включает в себя несколько стадий: измельчение, обезвоживание и гранулирование. Исходный материал размалывается до порошкообразного состояния, затем тщательно просушивается и прессуется в гранулы определенного размера с использованием специализированного оборудования – гранулятора.

В процессе прессования, сопровождающемся нагревом материала, природный полимер лигнин, присутствующий в растительных клетках, обеспечивает прочное склеивание мелких частиц. При этом какие-либо искусственные связующие вещества не добавляются.

В итоге получается экономичное, легкое, безопасное и удобное в складировании топливо, являющееся альтернативой традиционным видам топлива, таким как уголь, торф, дрова или природный газ. Форма пеллет достигается за счет применения пресса-гранулятора.

Пеллеты – это инновационное и многофункциональное биотопливо, которое по своей эффективности сопоставимо с углем. Различают несколько типов пеллет: изготавливаемые из цельной древесины как лиственных, так и хвойных пород; производимые из соломы; создаваемые из лузги подсолнечника; вырабатываемые из кукурузных кочерыжек и стеблей; торфяные пеллеты.

Области применения пеллет: обогрев частных домов посредством сжигания в печах, каминах и котлах; обеспечение теплом и электроэнергией производственных предприятий и небольших поселений (с использованием укрупненных гранул, содержащих значительное количество древесной коры).

Брикетированное топливо изготавливается путем прессования отходов деревообрабатывающей промышленности (опилки, древесная стружка), сельскохозяйственных остатков (солома, лузга подсолнечника и гречихи), а также торфа. В качестве связующего компонента применяется натуральный полимер – лигнин [9,10].

Использование искусственных химических добавок исключено. Топливные брикеты широко применяются для обогрева индивидуальных жилых домов в разнообразных отопительных устройствах: печах различных конструкций, котлах, функционирующих на дровах, каминах, а также для приготовления пищи на грилях.

Технологическая щепа из древесины представляет собой экономичный вид топлива, предназначенный для бытовых котлов мощностью от 15 до 50 кВт. Как правило, подобные котлы используют пеллеты, дрова или брикеты. Однако, при наличии значительного количества отходов древесины или щепы, ее использование становится гораздо более предпочтительным в силу следующих причин:

1. К щепе предъявляются упрощенные требования в отношении сертификации. Фактически, ее наличие не является обязательным. В отличие от этого, процесс сертификации пеллет гораздо более сложен.
2. Транспортировка щепы может осуществляться как в больших контейнерах (биг-бэгах), так и россыпью в самосвалах или специализированных щеповозах. Это обеспечивает удобство и экономичность логистики.
3. Обеспечивается быстрое решение проблемы с утилизацией отходов деревообработки, а автоматизированные котлы гарантируют полное и экологически безопасное сгорание топлива. Себестоимость топливной щепы относительно низкая.
4. Затраты на производство одной гигакалории тепла из щепы составляют до 80 рублей, в то время как на выработку такого же объема тепла из газа требуется от 90 рублей.
5. Использование щепы для отопления в три раза выгоднее, чем другие виды энергоносителей и топлива, такие как дрова (ввиду более высоких удельных затрат) и электричество (которое обходится дорого при использовании для отопления).

Использование древесной щепы приносит пользу всем заинтересованным сторонам: котельным, малым ТЭЦ, лесным хозяйствам и конечным потребителям. Лесхозы зарабатывают дополнительно на производстве щепы, котельные и ТЭЦ существенно сокращают свои расходы, а потребители получают доступ к недорогому и эффективному топливу, которое по своим тепловым характеристикам не уступает газу.

Рассматривая различные виды топлива для небольших котельных, можно утверждать, что топливная щепа является одним из самых выгодных вариантов для практического применения [1,10].

Список использованной литературы

1. Фокин, С. В. Современное состояние рынка биоэнергетических технологий / С. В. Фокин // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2014. – Т. 2, № 3-4(8-4). – С. 107-110.
2. Фокин, С. В. Земельно-имущественные отношения / С. В. Фокин, О. Н. Шпортько. – Москва : Издательский Дом "Альфа-М", 2014. – 272 с.
3. Фокин, С. В. Обоснование конструкции машин фрезерного типа для получения биотоплива в условиях лесов степной и лесостепной зон Поволжья / С. В. Фокин, О. Н. Шпортько // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2014. – Т. 2, № 5-3(10-3). – С. 156-160.
4. Фетяев, А. Н. Об имитационной модели процесса измельчения порубочных остатков / А. Н. Фетяев, С. В. Фокин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2012. – № 2. – С. 291-294.
5. Цыплаков, В. В. О применении устройства для измельчения порубочных остатков при реконструкции защитных лесонасаждений / В. В. Цыплаков, С. В. Фокин // Научное обозрение. – 2011. – № 5. – С. 253-257.
6. Фетяев, А. Н. Об имитационной модели процесса измельчения порубочных остатков / А. Н. Фетяев, С. В. Фокин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2012. – № 2. – С. 291-294.
7. Фокин, С. В. О конструктивных особенностях дисковой рубительной машины для измельчения порубочных остатков / С. В. Фокин, О. А. Фомина // Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях : Материалы VII Международной научно-практической конференции, Саратов, 17–19 марта 2020 года. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2020. – С. 390-393.
8. Фокин, С. В. О перспективных технических средствах для ведения агролесомелиоративных мероприятий / С. В. Фокин, А. Н. Фетяев, О. Н. Шпортько // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2-1. – С. 158.
9. Фокин, С. В. Технические средства, применяемые при очистке вырубок от отходов лесосечных работ / С. В. Фокин, А. В. Храмченко // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3, № 9-2(20-2). – С. 280-283.
10. Фокин, С. В. Описание конструкции и работы опытного образца рубительной машины для измельчения порубочных остатков / С. В. Фокин // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3, № 2-1(13-1). – С. 146-149.

Научная статья
УДК 631.354.2

Р.Б.Ширванов

Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет,
Республика Казахстан

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ ПОСЕВНОЙ ТЕХНИКИ В УСЛОВИЯХ ЮГА ПОВОЛЖЬЯ И ЗАПАДА КАЗАХСТАНА

Аннотация: в настоящей статье анализируются различные конструкции как отечественной, так и зарубежной посевной техники, определяются их преимущества и недостатки, тенденции развития. Обосновываются основные пути и направления совершенствования такой техники для конкретных производственных условий.

Ключевые слова: каток, комплекс, посев, почвозащитная технология, ротационная борона, семена, сеялка, сошник, стерня, традиционная и нулевая технологии.

R.B.Shiryanov

West Kazakhstan University of Innovation and Technology, Republic of Kazakhstan

WAYS TO IMPROVE THE DESIGN OF SEEDING MACHINERY IN THE CONDITIONS OF THE SOUTHERN VOLGA REGION AND WESTERN KAZAKHSTAN

Annotation: This article analyzes various designs of both domestic and foreign seeding equipment, identifies their advantages and disadvantages, and development trends. The main ways and directions of improving such equipment for specific production conditions are substantiated.

Keywords: roller, complex, seeding, soil protection technology, rotary harrow, seeds, planter, coulter, stubble, traditional and zero technologies.

Почвозащитная технология возделывания зерновых культур в районах, подверженных почвенной эрозии, предъявляет повышенные требования к орудиям и машинам предпосевной культивации и посева зерновых культур, а именно, почва до покрытия ее растительным покровом в период прорастания семян и появления всходов должна иметь ветроустойчивую поверхность. Проявление эрозионных процессов в этот период наносит большой ущерб почве

и ставит под угрозу будущий урожай высеваемых культур. В связи с этим при выборе орудий для предпосевной культивации и машин для посева в первую очередь необходимо учитывать их соответствие противоэрозионным требованиям возделывания зерновых культур. Кроме этого, в условиях Юга Поволжья России и Запада Казахстана во избежание чрезмерного иссушения почвы предпосевная обработка должна совмещаться с посевом зерновых культур, т.е. производиться одновременно, а также в комплексе с другими работами (внесение минеральных удобрений, припосевное прикатывание почвы) [1,2,3,4].

Мелкими крестьянскими хозяйствами Казахстана на посеве зерновых культур в степной зоне до сих пор используются стерневые сеялки СЗС-2,1 и сеялки-лущильники прицепные ЛДС-6, а также их модификации, отличающиеся надежностью, простотой и хорошо зарекомендовавшие себя при работе в условиях содержания на поле значительного количества стерни и пожнивных остатков, повышенной влажности верхнего слоя почвы, а за один проход агрегата по полю они позволяют выполнить четыре операции: культивацию, посев, прикатывание и внесение минеральных удобрений. Сеялка СЗС-2,1 может использоваться также и как культиватор для мелкой обработки почвы, в особенности тяжелых, при этом на поверхности почвы сохраняется не менее 60% пожнивных остатков после прохода сеялки СЗС-2,1 и до 25 % - сеялки ЛДС-6.

Начало посевной и ее продолжительность, норма высева семян устанавливаются в каждом случае отдельно для условий конкретного хозяйства в соответствии с оптимальными агротехническими сроками, метеорологическими условиями, состоянием почвы, наличием техники и качеством семян.

В Сибирском НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства (СиБИМЭ, г.Новосибирск) разработана конструкция, а на базе ООО «Сибагротехнопарк» организован серийный выпуск посевных агрегатов «Обь-4/8/12/16» [5]. Машины «Обь» предназначены для предпосевной обработки почвы с одновременным полосовым посевом зерновых и зернобобовых культур с внесением минеральных удобрений. За один проход по полю они осуществляют следующие операции: безотвальное рыхление почвы с подрезанием сорняков, прямой широкополосный посев семян на твердое ложе, прикатывание, вычесывание сорняков, выравнивание поверхности почвы, внесение удобрений. В случае необходимости, машины «Обь» могут быть использованы для обработки чистых паров и обработки зяби. Применение этих комплексов показало, что на предпосевной обработке почвы и посеве они позволяют снизить затраты труда на 60-80%, сэкономить топлива 3,7 кг/га и повысить урожайность зерновых на 15-20%.

Для выполнения технологии безрядкового разбросного посева глубиной 4...12 см с одновременным внесением минеральных удобрений, прикатыванием и выравниванием поверхности почвы, применяется универсальный плоскорежущий посевной агрегат АУП-18.07 (производства ООО Сельмаш, г.Сызрань). Агрегатируется с тракторами тягового класса 3 и имеет ширину захвата 4,5 м, массу 3100 кг, объем зернотуковых ящиков 1400 дм³, 18 сошников с расстоянием между ними 228 мм [6].

Для районов, подверженных ветровой эрозии почв, Рубцовский филиал ОАО «Научно-производственная корпорация «Уралвагонзавод» предлагает комплексы ППК-9,0 и ППК-12,0 с шириной захвата 9,0 и 12,0 м соответственно для рядового посева зерновых с одновременным внесением минеральных удобрений и прикатыванием, а также предпосевной обработке почв с внесением удобрений. Комплекс позволяет реализовать современные технологии возделывания зерновых, в т.ч. и технологию No-till. Машина агрегатируется с тракторами класса 5 [7].

В некоторых областях Нечерноземной зоны России используется агрегат почвообрабатывающий посевной Сибсельмаш АПП-7,2, предназначенный для посева яровых культур по зяби или стерневому фону, озимых культур по чистому или раннему пару, посева по стерне на легких и средних почвах. Универсальность данного агрегата определяется возможностью применения для предпосевной обработки почвы и культивации паров на глубину 6-12 см плоскорежущих лап, а для глубокой обработки паров, осенней обработки почвы под зябь, первичного рыхления старопахотных почв (залежи) на глубину от 8 до 16 см установкой на стойки рыхлителей [8].

Основными достоинствами посевых комплексов «Кузбасс», выпускаемых Кемеровским закрытым акционерным обществом, является выполнение всего комплекса весенних полевых работ в сжатые сроки, а именно культивации, боронования, посева, внесения удобрений, прикатывания, выравнивания почвы и проправливания семян. Применение комплекса позволяет обеспечить посев по стерне без предварительной подготовки почвы, а также ликвидировать временной интервал между предпосевной подготовкой почвы и посевом, что, в конечном счете, повышает урожайность зерновых культур.

Выпускаемый в Воронежской области комплексы зерновые стерневые Агристо Прогресс-НТ ПРНТ-465/32 ... ПРНТ-975/66 ориентированы на посев зерновых по нулевой технологии (No Till), без обработки почвы. Волнистые (колторные) диски агрегата разрезают растительные остатки и производят предварительную вертикальную обработку почвы, оставляя подготовленную чистую борозду для прохода двухдискового сошника.

Широкое применение в хозяйствах Поволжья России и Запада Казахстана нашла сеялка прямого посева ДМС Примера-601, оборудованная дополнительными сошниками с параллелограммным управлением, что обеспечивает равномерное размещение семян на заданной глубине, качественную работу даже на неровной поверхности поля. Ширина междурядья 18,75 см, вместимость семенного бункера сеялки 3000 л, производительность 5 га/ч, расход горючего 3 кг/га [8].

Сеялки NBP Agro предназначены для прямого, минимального и традиционного посевов и специально созданы для посева в тяжелых условиях, а также для работы по переувлажненной почве и большому слою пожнивных остатков. Например, сеялка прямого и традиционного посева NBP Agro KC-1145 может работать по классической и технологии No-till, позволяет производить дифференцированное внесение семян и минеральных удобрений, а ее конструкцией предусматривается возможность увеличения ширины захвата [8].

Выпускаемые компанией «НАИР» зерновые механические сеялки семейства ДОН предназначены для посева зерновых, зернобобовых культур и технических культур (без точной расстановки семян в рядке) по технологии прямого посева, а так же по минимальной и традиционной технологиям. Технологический процесс работы сеялки заключается в следующем: резак типа Dura-Fluted прорезает пожнивные остатки, обеспечивая создание борозды и микрообработку почвы по линии посева, затем двухдисковый сошник укладывает семена на установленную глубину, хвостовик-пакователь, для создания хорошего контакта семян с почвой, прижимает их к земле, а двойные укрывающие колеса трапециевидной формы с полиуретановыми краями закрывают борозду. Работает сеялка при любой влажности почвы.

На рынке с.-х. техники России и Казахстана широко представлена продукция белорусских производителей, включая сеялки и посевные агрегаты для почвозащитного земледелия, такие, как сеялки зерновые пневматические модельного ряда «Lider», сеялки пневматические универсальные СПУ, агрегат почвообрабатывающий посевной АПП-6Д (ОАО «Лидапроммаш»), агрегат комбинированный почвообрабатывающий посевной АКПД-6Р, сеялка зернотуковая механическая навесная СЗТМ-4Н (ОАО «Витебский моторемонтный завод») и др.

Мировой лидер по производству с.-х. техники, американская компания John Deer предлагает в Казахстане следующую свою продукцию:

- пневматическую зерновую сеялку культиваторного типа John Deere 1890, предназначенную для посева зерновых культур по минимальной и нулевой технологиям обработки почвы, рабочей ширины - 9,1;10,9 и 12,8 м, с количеством

сошников – 48, 58 и 68 шт., шириной межурядий - 19 см и глубиной высева - от 0,5 до 8,9 см. Посев зерновых данной сеялкой может осуществляться с одновременным внесением минеральных удобрений;

- сеялки John Deere серии DB, которые обеспечивают высокую точность высева, что позволяет оптимизировать использование семян, повысить урожайность и сократить расходы. Так, сеялка DB 55 оснащается 36 или 24 рядами, ширина межурядья составляет от 45 до 70 см, DB 83 - 36 рядами, ширина межурядья - 70 см, DB 120 - 48 рядами, ширина межурядья - 76,2 см. Система дозирования сеялок ExactEmerge обеспечивает точное распределение семян на всей площади работы;

- сеялка John Deere 455, предназначенная для посева рядовым способом зерновых, бобовых и кормовых культур на хорошо подготовленных и выровненных почвах, ширина захвата составляет двухсекционной - 7,6 м и трехсекционной - 9,1 м или 10,7 м. Глубина посева семян - от 0 до 9 см с шагом 0,6 см. Конструкцией предусмотрено оборудование сеялки либо цельным бункером для семян, либо комбинированным бункером для семян и минеральных удобрений [11].

Американской фирмой Great Plains Manufactur.Inc производится комбинированный зерновой агрегат шириной 12,2 м или 13,7 м. Отличительной особенностью агрегата является конструкция сошниковой группы. Двухдисковые сошники сеялок с закрепленными непосредственно за ними прикатывающе-копирующими катками крепятся поводками к сошниковому брусу с помощью болтового соединения. Диски сошника установлены относительно друг друга со смещением в горизонтальной плоскости, что облегчает процесс заглубления в почву, а их узкий профиль обеспечивает уменьшение осыпания почвы в борозду даже на высоких скоростях. Также фирма предлагает сеялки рядовые зернотуковые Great Plains 800...3S-4000 шириной захвата от 1,52 до 12,2 м с двухдисковыми сошниками и дисковыми ножами, расположенными между поводками сошников на независимой подвеске или на вынесенных за пределы рамы брусьях.

Американские фирмы Tye, Crust Buster, M&W Gear и другие выпускают комбинированные агрегаты, аналогичные по компоновке с применяемыми однооперационными машинами фирмы Great Plains.

Одной из наиболее известных фирм Германии, производящей комбинированные зерновые агрегаты с различной шириной захвата, является фирма «Amazone Werke». Основу таких агрегатов составляют зерновые сеялки навесные сеялки D9, насадные сеялки AD и посевная комбинация Cataya, которая состоит из ротационной бороны или ротационного культиватора. Конструкция сеялки D9, рассчитанная на применение при традиционном или

мульчированном посеве, предусматривает возможность оснащения ее ротационной бороной или ротационным культиватором, а также катком Huckerack для одновременной предпосевной подготовки почвы всего за один проход. Механическая сеялка Cataya, оборудованная бороной ротационной марки KE 02 Rotamix, а также ротационными культиваторами KX/KG Cultimix или навесной дисковой бороной CombiDisc представляет собой агрегат для традиционного и мульчированного видов посева с шириной захвата 3 или 4 м и объемом бункера от 600 до 1730 л. Данная фирма выпускает также сеялки Citan, Cayena и Condor для прямого посева по стерне и посева без предварительной обработки почвы, а также Primera DMC для прямого и мульчированного посева в засушливых регионах. Так, сеялка Primera DMC обеспечивает точность при прямом, мульчированном и традиционном посеве при рабочей скорости до 18 км/ч и ширине захвата 3, 4,5, 6, 9 или 12 м. Сеялка снабжена долотовидными сошниками на параллелограммной подвеске, износостойкими долотами и рамочными катками, со штригелем Exakt и прикатывающей балкой.

Фирма Ralewenk (ФРГ) производит различные типы комбинированных посевных агрегатов для различных типов почв, в которых в качестве посевной части применяются навесные сеялки с механическим (фирмы Amazone-Werke, Hassia) или пневмомеханическим дозированием семян в сошники (фирмы Accord). Фирма предлагает также варианты комбинированных агрегатов для работы по стерневому фону.

Немецкой фирмой Horsch Mashine GmbH выпускаются сеялки Horsch Maistro, Pronto 3/4/5/6 TD, Pronto AS, комплексные посевные Horsch Pronto 3/4/6/8/9 DC, Horsch Sprinter 4ST/6ST.

Сеялка Horsch Maistro ориентирована на выполнение как традиционного посева зерновых, так и посева в мульчу на ширину междурядья 75 см с возможностью внесения удобрений в рядок. Для выдерживания точной глубины посева (от 1,5 до 9 см) служат специальные ролики, расположенные по обе стороны от сошника. Большой износостойкий дисковый семенной сошник (диаметр 39 см) проникает в почву даже в экстремально сложных условиях, таких как тяжелые почвы, неровная поверхность или посев в мульчу, и формирует клиновидную борозду.

Сеялка Horsch Pronto 3/4/5/6 TD предназначена для посева зерновых, зернобобовых и технических культур на легких и средних почвах и обеспечивает интенсивную почвенную обработку и посев за один проход агрегата, оборудованного культиваторами Tiger AS/MT/LT.

Зерновая сеялка Horsch Pronto AS предназначена для прямого посева после плуга, культиватора или неподготовленную землю, прямо в стерню по принципу Pronto (измельчение комков – выравнивание – уплотнение – посев –

прикатывание). Благодаря сошникам TurboDisc она является универсальной сеялкой с рабочей шириной захвата 6 м и точным размещением семян на высоких рабочих скоростях.

Посевной комплекс Horsch Pronto 3/4/6/8/9 DC ориентирован на прямой посев зерновых в необработанную землю. Комплекс работает на скоростях свыше 12 км/ч и позволяет точно производить заделку семян на заданную глубину, а выравнивание всей поверхности и последующее уплотнение обеспечивает равномерные условия перед каждым из сеющих сошников. Высокопроходимый двухдисковый сошник с интегрированным резиновым амортизатором, обеспечивающим высокое давление на почву (до 80 кг/на сошник) производит точную укладку посевного материала в полосу посева. Прикатывающий ролик за сошником ведет его на необходимой глубине, уплотняет полосу посева и обеспечивает оптимальный контакт семян с почвой. Большой бункер для посевного материала с емкостью до 3500 литров способствует снижению времени на заполнение и транспортировку и таким образом обеспечивает условия для повышения производительности.

Посевной комплекс Horsch Sprinter 4ST/6ST предназначен для посева по землезащитной технологии, причем обеспечивает выполнение нескольких технологических операций за один рабочий проход. Комплекс может оснащаться различными сошниками:

- сошником Duett под жидкие или гранулированные удобрения с блоком MultiGrip – комбинированный рабочий орган для одновременного посева и внесения удобрений;
- сошником Альфа на классической стойке с целью обработки почвы по всей ширине и ленточного посева на тяжелых почвах [11].

Французская фирма Kuhn.S.A производит сеялки механические точного высева Kuhn PDM и агрегаты посевные комбинированные Kuhn CS 6003 R различных модификаций, предназначены для точного и рядового посева, в т.ч. на тяжелых почвах или полях с большим количеством растительных остатков. Комбинированный посевной агрегат CS 6003 R с рабочей шириной 6 м включает в себя навесную вертикальную фрезу HR 6003, сошниковый бруск с трехточечным навесным устройством, фрезу-сеялку с плавающей верхней точкой навески и транспортную тележку. По данным фирмы агрегаты могут работать со скоростью 6...20 км/ч [8].

В Великобритании нашел широкое применение комбинированный агрегат шириной захвата 3,5 м, составленный из фронтально навешенного спирального катка фирмы Flexi - Coil, почвофрезы Lely Roterra с приводом от ВОМ трактора и зерновой сеялки Amazone Super S.

Французские фирмы Kuhn SA, Vertiber, английские Howard, Western Machinery Equipment Co и другие выпускают аналогичные по компоновке комбинированные агрегаты. Обработка почвы осуществляется на глубину до 25 см с помощью почвофрезы с вертикальной или горизонтальной осью вращения, рабочие органы которой выполнены из высокопрочной стали. На раму фрезы монтируется посевная часть зерновой сеялки. Агрегат подсоединяется к трактору с помощью трехточечной навески, расположенной над центральным редуктором фрезы.

В настоящее время странах Западной Европы широко применяется технология разбросного посева зерновых культур непосредственно в почву, обрабатываемую фрезой и ряд зарубежных фирм освоил выпуск для этого усовершенствованных комбинированных агрегатов.

Фирма Maschio Gaspardo (Италия) предлагает посевной комплекс OPERA 600, предназначенный для посева всех видов зерновых, зернобобовых и технических культур по минимальной и нулевой технологии обработки почвы с одновременной предпосевной обработкой. Посевной комплекс состоит из 2-х рядной дисковой бороны, прикатывающих колес большого диаметра, бункера объемом 5 100 л. и секции высевающих дисков X-FORCE (двухдисковый сошник диаметром 375 мм) с последующим прикатыванием. Посевной комплекс этой же фирмы GASPARDO CORONA 600 базируется на складной полунавесной раме, которая обеспечивает прочность и надежность, которая выпускается в версиях длиной 6 м и до 48 рядов.

Сеялки Rapid Super фирмы Vaderstad (Швеция-Франция) выполнены по традиционной схеме с механической высевающей системой, Rapid F - с пневматической. Перед однодисковыми сошниками с вырезными дисками размещены ножи с плоскими также вырезными дисками.

Обзор тенденций развития посевной техники показал, что наиболее существенного повышения качественных показателей посева зерновых можно достичь совмещением различных технологических операций, например, операций предпосевной обработки почвы и посева. Однооперационные машины для посева зерновых культур, как правило, широко не применяются.

Создание новой посевной техники, позволяющей совмещать технологические операции, в России, Казахстане и за рубежом идет по следующим направлениям:

- разработка универсальных агрегатов, составленных из нескольких однооперационных или комбинированных машин, которые при необходимости можно использовать раздельно;

- разработка специализированных агрегатов, совмещающих выполнение нескольких операций и не допускающих раздельного использования входящих в ее состав машин.

Комбинированные агрегаты, составленные из отдельных машин, обладают рядом достоинств, главным из которых является возможность их раздельного использования на однооперационных работах с тракторами различного класса, а, следовательно, и увеличение годовой загрузки техники. Немаловажно и то, что для комплектации таких комбинированных агрегатов нет необходимости в создании сложных посевных комплексов, а достаточно лишь использовать устройства для соединения новых однооперационных машин (автосцепки, прицепы и т.п.), причем при обновлении конструкции любой из них комбинированный агрегат достаточно быстро перестраивается.

Основным их недостатком является громоздкость и материалоемкость, плохая маневренность и большая вероятность отклонения какой-либо машины, входящей в состав агрегата, от заданного нормального режима работы.

Также перспективным направлением в совершенствовании посевных машин является совершенствование конструкции существующих и создание новых ее рабочих органов, которые могут быть как пассивными, так и активными.

На основании вышеперечисленного, наиболее перспективными следует считать посевные агрегаты, составленные из отдельных машин, и использующие как переднюю, так и заднюю навески трактора, а также имеющие рациональное совмещение пассивных и активных рабочих органов в сочетании с пневмомеханической системой высеива. Использование таких агрегатов позволит повысить наработку отдельных машин, сократить время на проведение агротехнических мероприятий, улучшить состояние полей и поднять культуру земледелия в целом.

Список использованной литературы

1. Кузнецова Н. А., Ильина А. В., Королькова А. П. Инновационные ресурсосберегающие технологии: эффективность и проблемы внедрения // АгроФорум. 2022. №2 / URL:
<https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnye-resursosberegayuschie-tehnologii-effektivnost-i-problemy-vnedreniya> (дата обращения: 26.09.2025).
2. Четвериков Ф.П. Современные ресурсосберегающие технические средства, рекомендуемые к использованию и применению в условиях Саратовской области. – Саратов.: МСХ Сарат. обл., 2006. – 10 с.
3. Двуреченский В. И., Гилевич С. И. Применение ресурсосберегающей технологии в степных и сухостепных регионах Казахстана // Почвоведение

и агрохимия. 2010. №1 / URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenie-resursosberegayuschey-tehnologii-v-stepnyh-i-suhostepnyh-regionah-kazahstana> (дата обращения: 26.09.2025).

4. Бобков С.И. Анализ состояния машинно-тракторного парка для обоснования оптимальных комплексов машин и оборудования в условиях северного региона Казахстана // НТВТС в АПК. 2023. - №1 / URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-sostoyaniya-mashinno-traktornogo-parka-dlya-obosnovaniya-optimalnyh-kompleksov-mashin-i-oborudovaniya-v-usloviyah-severnogo> (дата обращения: 26.09.2025).

5. Сибагротехнопарк. Техника для ресурсосберегающих технологий. Почвообрабатывающие посевные машины «Обь» / URL: https://sibagro.com/p_ob.html?ysclid=mb4vtdwg3863807418 (дата обращения: 26.09.2025).

6. Официальный сайт ООО «Сельмаш». Агрегат универсальный посевной АУП-18.07 / URL: https://selmash.su/equipment/aup_180702/?ysclid=mb4w7luriu615868706 (дата обращения: 28.09.2025).

7. Официальный сайт Рубцовского филиала АО «НКП «Уралвагонзавод». Посевные комплексы ППК-9,0; ППК-12,0 / URL: <https://rubalt.tilda.ws/#products> (дата обращения: 02.09.2025).

8. Агробаза – портал о сельскохозяйственной технике / URL: <https://www.agrobase.ru/> (дата обращения: 02.09.2025).

9. Официальный сайт ОАО «Лидапроммаш» / URL: <https://lidagro.by/?ysclid=mb4x15wi3k796827971> (дата обращения: 02.09.2025).

10. Официальный сайт ОАО «Витебский мотороремонтный завод» / URL: <https://www.vmrz.by/?ysclid=mb4x3ttob691139194> (дата обращения: 02.09.2025).

11. Официальный сайт фирмы Agronetto-Казахстан / URL: <https://agronetto.kz/companies/list/> (дата обращения: 02.09.2025).

Научная статья
УДК 631.31

E.M. Юдина

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина,
Россия

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НУЛЕВОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Аннотация: Рассмотрены методы обработки почвы, используемые в земледелии Краснодарского края, и их воздействие на динамику содержания органических веществ в почве. Подтверждены плюсы и минусы технологии прямого посева, а также связь между используемой техникой и агротехническими требованиями. Предложена концепция производства рентабельной сельскохозяйственной продукции при минимальных финансовых вложениях. Доказана эффективность использования комбинированных машин при прямом посеве. Изучены схемы севооборота, рекомендованные для применения прямого посева в агроклиматических условиях Краснодарского края. Сокращение расхода горючего при использовании технологии прямого посева может составлять от 40 до 50%.

Ключевые слова: нулевая обработка, технология, механизация, плодородие, севооборот, агрегаты, удобрения

E.M. Yudina

Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Russia

PROSPECTS FOR USING NORTHERN TILLAGE

Annotation: The paper considers the methods of tillage used in agriculture in the Krasnodar Territory and their impact on the dynamics of organic matter content in the soil. The pros and cons of direct seeding technology, as well as the relationship between the equipment used and agrotechnical requirements, are confirmed. A concept for producing profitable agricultural products with minimal financial investment is proposed. The efficiency of using combined machines for direct seeding is proven. Crop rotation schemes recommended for using direct seeding in the agroclimatic conditions of the Krasnodar Territory are studied. Reduction in fuel consumption when using direct seeding technology can be from 40 to 50%.

Keywords: no-tillage, technology, mechanization, fertility, crop rotation, units, fertilizers

Повышение конкурентоспособности сельскохозяйственных предприятий Краснодарского края, как и всей страны, напрямую зависит от снижения издержек производства, увеличения производительности труда и повышения плодородия почвы. Это особенно актуально в условиях современной рыночной экономики, где конкуренция высока, а требования к качеству и эффективности производства постоянно растут. Один из ключевых аспектов решения этой задачи – внедрение энергосберегающих технологий земледелия.

В Краснодарском крае, согласно исследованиям [1, 2, 3], около 19% пахотных земель потенциально пригодны для применения технологии нулевой обработки почвы (No-till). Однако, следует учитывать физико-механические свойства почв. На тяжелых слитых черноземах нулевая обработка, как правило, не рекомендуется из-за сложности прорастания семян и других потенциальных проблем.

Суть энергосберегающих технологий заключается в оптимизации использования всех ресурсов для получения максимальной отдачи при минимальных затратах энергии. Это комплексный подход, включающий в себя использование высокопродуктивных сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, оптимизированное применение удобрений и пестицидов, регуляторов роста растений, а также современной высокоэффективной техники [4, 5, 6]. Каждая энергосберегающая технология характеризуется не только специфическими агротехническими приемами, но и использованием инновационного оборудования [7], а также рациональной организацией его эксплуатации.

Австрийские ученые Шпигель Х., Дерш Г., Хеш Я. А. и Баумгарте указывают на «специфический эффект применения новых технологий, связанный с изменением органического состава почвы» [3, 8]. Это подчеркивает важность комплексного подхода к оценке эффективности различных методов обработки почвы. Нулевая обработка почвы (No-till) подразумевает минимальное вмешательство в почвенный покров. В течение вегетационного периода происходит лишь один контакт с почвообрабатывающими орудиями – во время посева. Посев осуществляется обычно в узкие бороздки (2,5-7,5 см шириной) [3], часто совмещаясь с другими операциями, такими как внесение удобрений или гербицидов. Для борьбы с сорняками в системе No-till ключевую роль играют гербициды, что является как преимуществом (снижение затрат на обработку), так и недостатком (потенциальное негативное воздействие на окружающую среду). Экономия затрат при использовании нулевой обработки может достигать 70-80% [2], что делает ее привлекательной для многих сельхозпредприятий.

Однако, внедрение нулевой обработки требует тщательного планирования севооборота и грамотного подбора техники. Необходимо учитывать особенности каждой культуры и обеспечить эффективное уничтожение сорняков с помощью

гербицидов. Для этого необходимы специализированные сеялки прямого посева, высокопроизводительные опрыскиватели, а также уборочная техника, адаптированная к специфике No-till. На Кубани широко применяются сеялки прямого посева как отечественных, так и зарубежных производителей. Для опрыскивания используются самоходные опрыскиватели, например, Туман-1. Зерноуборочные комбайны при использовании нулевой обработки часто работают без измельчителей, вместо них устанавливаются разбрасывающие роторы, обеспечивающие равномерное распределение растительных остатков по полю, что способствует поддержанию оптимального баланса почвенной биоты. Это позволяет сохранять структуру почвы и улучшать её свойства в долгосрочной перспективе.

В Кубанском ГАУ проводились исследования по нулевой обработке почвы [2]. Маслов Г, Небавский В. считают, что «нулевая обработка почвы, при использовании технологий прямого посева, наиболее эффективно решает задачи энергосбережения в растениеводстве» [1, 2]. За прошедшие годы были успехи и неудачи с нулевой обработкой, в некоторых хозяйствах Краснодарского края продолжается изучение и внедрение новой технологии нулевой обработки почвы и прямого посева различных сельскохозяйственных культур.

На рисунке 1 сформулирована стратегия направленная на снижение затрат и производство конкурентоспособной сельскохозяйственной продукции. Направления стратегии представлены тремя блоками (рис.1): организационно-технологический, технический и экономический. К первому относят разработку ресурсосберегающих технологий с прямым посевом, рациональный севооборот, мониторинг физических свойств почвы и внедрение элементов точного земледелия для дифференцированного применения средств химизации. Второй блок технический (рис. 1) предусматривает для каждого сельхозпредприятия оптимизацию состава и структуры машинно-тракторного парка для реализации технологий возделываемых культур. В некоторых хозяйствах без всякой оптимизации используют относительно дешевую, но удобную и надежную Белорусскую технику. Тракторы и зерноуборочные комбайны Республики Беларусь уже



Рисунок 1. Основные направления повышения конкурентоспособности продукции и снижения затрат при нулевой обработке почвы

давно пользуются большим спросом в России и других регионах. Во втором техническом блоке (рис. 1) обращено внимание на модернизацию техники в условиях нулевой обработки почвы, ухода за посевами и уборки урожая. Например, учитывая особенность нулевой обработки и прямого посева, зерноуборочные комбайны при уборке колосовых культур должны работать без измельчителя. Белорусские комбайны снабжены такими приспособлениями.

Очевидным преимуществом технологии нулевой обработки почвы является минимальная номенклатура машин для механизации процессов возделывания с применением многофункциональных агрегатов [9]. Еще одно обязательное условие в техническом блоке (рис. 1) - организация эффективной эксплуатации техники, то есть обязательное соблюдение поточности, ритмичности, экологичности и комплексности работ.

В чем же неоспоримые преимущества технологии нулевой обработки почвы и прямого посева? Специалисты в области нулевой обработки почвы отмечают следующие ее преимущества - повышение содержания гумуса в верхнем слое почвы, защита почвы от эрозии и дефляции, экономия энергии, топлива и трудовых затрат, снижение потребности в технике и рабочей силе, высокая оперативность

выполнения полевых работ в условиях ограниченного времени, устранение потерь углерода из почвы.

Таким образом, в Краснодарском крае технология нулевой обработки почвы может применяться на более легких и не переувлажненных почвах. Системой земледелия края рекомендованы для равнинных агроландшафтов Северной зоны основные типы севооборотов с бездефицитным балансом гумуса. Наиболее подходит для нулевой обработки севооборот № 2 [10]. Севооборот № 2 включает 2 поля (16,8%) люцерны, 1 поле (8,3%) - горох, соя, 6 полей (49,8%) - озимых колосовых и 3 поля (25,1%) пропашных культур (сахарная свекла, подсолнечник, кукуруза).

Внедрение энергосберегающих технологий, включая нулевую обработку, требует не только приобретения новой техники и освоения новых агроприемов, но и значительных инвестиций в обучение персонала и адаптацию управленческих решений. Однако, долгосрочные выгоды, связанные со снижением затрат, повышением урожайности и улучшением экологической ситуации, с лихвой окупают первоначальные вложения. Систематический мониторинг почвенного состояния и адаптация технологий к конкретным условиям являются ключевыми факторами успеха при переходе на энергосберегающие системы земледелия. Важно помнить, что универсального решения не существует, и выбор оптимальной технологии обработки почвы должен быть основан на тщательном анализе местных условий и учета специфики возделываемых культур.

Список использованной литературы

1. Маслов, Г. Г. Концепция нового подхода к механизации возделывания полевых культур / Г. Г. Маслов, Е. М. Юдина // Таврический вестник аграрной науки. – 2020. – № 1(21). – С. 39-47.
2. Маслов, Г. Г. Нулевая обработка - экономия затрат / Г. Г. Маслов, В. А. Небавский // Сельский механизатор. – 2004. – № 3. – С. 34-35.
3. Соколова Л. С. Минимальная обработка почвы - вопросы социально-ориентированного моделирования технологических процессов // Современные исследования социальных проблем. – 2012. – № 7. – С. 9.
4. «Системы сберегающего земледелия и возделывания культур. Обработка пожнивных остатков в системе «No-till» (гребневой обработки почвы, обработки почвы с использованием мульчи, в системе полосной обработки почвы)», MVPS-45, второе издание, 2000, 132 с.
5. Юдина Е. М. Комбинированные посевные агрегаты // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: Сб. ст. по материалам 71-й научно-

практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2015 год – Краснодар: ФГБОУ ВПО «Кубанский ГАУ», 2016. – С. 264-266.

6. Юдина, Е. М. Перспективы создания отечественных комбинированных агрегатов для обработки почвы / Е. М. Юдина, М. О. Юдин, И. А. Журий // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 1. – С. 46-50.
7. Патент № 2363140 С1 Российская Федерация, МПК A01F 7/06, A01F 12/18. молотильно-сепарирующее устройство : № 2008102187/12 : заявл. 21.01.2008 : опубл. 10.08.2009 / М. А. Погорелова, Е. М. Юдина ; заявитель ФГОУ ВПО "Кубанский государственный аграрный университет".
8. Tillage effects on soil organic carbon and nutrient availability in a long-term field experiment in Austria (Auswirkungen unterschiedlicher Bodenbearbeitung auf organische Substanz und verfügbare Nährstoffe im Boden in einem Langzeitversuch in Österreich) H. Spiegel, G. Dersch, J. Hösch and A. Baumgarte. die Zeitschrift Die Bodenkultur 58 (1–4) 2007.
9. Maslov G. G. et al. Modernization of engineering support of crop cultivation // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Omsk City, Western Siberia, 04–05 июля 2020 года. – Omsk City, Western Siberia, 2021. – Р. 012107.
10. Система земледелия Краснодарского края на агроландшафтной основе / А. Н. Коробка, С. Ю. Орленко, Е. В. Алексеенко и др. Краснодар: Просвещение-Юг, 2015. 352 с.

Научная статья

УДК 621.789, 621.785.532, 631.004

C.A. Яковлев, Е.В. Сидоров

Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина,
Россия

Б.В. Кузнецов

Буинский машиностроительный завод, республика Татарстан, Россия

САМОЗАТАЧИВАЮЩИЕСЯ НОЖИ РОТОРНЫХ КОСИЛОК

Аннотация: проанализированы способы обеспечения самозатачиваемости рабочих органов сельскохозяйственной техники, представлены новые самозатачивающиеся ножи роторных косилок, отличающиеся низкой себестоимостью их изготовления и повышенной долговечностью.

Ключевые слова: пластинчатый нож роторной косилки, долговечность, самозатачиваемость, упрочняющая технология, структура, твердость, износостойкость.

S.A. Yakovlev, E.V. Sidorov

Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Russia

B.V. Kuznetsov

Buinsky Machine-Building Plant, Republic of Tatarstan, Russia

SELF-SHARPENING ROTARY MOWER BLADES

Annotation: methods for ensuring self-sharpening of working parts of agricultural machinery are analyzed, new self-sharpening knives of rotary mowers are presented, which are distinguished by their low cost of production and increased durability

Keywords: rotary mower blade, durability, self-sharpening, reinforcing technology, structure, hardness, wear resistance.

При скашивании травы в сельском хозяйстве широко используют роторные косилки. При этом процессы резания стеблей выполняют ножи. Их изготавливают из высокоуглеродистых сталей (65, 65Г, У7, У8 и др.). Показатели долговечности ресурса роторных косилок обеспечивают в основном за счет увеличения их твердости и ударной вязкости режущих кромок. Для этого предприятия-изготовители ножей роторных косилок и других рабочих органов сельскохозяйственной техники в России и за рубежом чаще всего выполняют

объемную закалку всего изделия или их режущих кромок токами высокой частоты [1, 2]. Такие технологические процессы повышения прочности режущих кромок достаточно производительны, но «не обеспечивают, в виду получаемой при упрочнении однородности структуры режущих частей, «эффект самозатачивания» в процессе работы рабочих органов» [3, 4].

Неоднородность структуры и твердости режущих кромок ножей роторной косилки дает возможность обеспечивать в процессе эксплуатации сельскохозяйственной машины необходимую остроту лезвия в процессе резания им растительности «за счет неравномерного износа твердого и более мягкого слоев многослойного покрытия изделия» [5].

На кафедре «Технология производства и ремонт машин» Ульяновского ГАУ запатентованы новые варианты изготовления ножей роторных косилок и разработаны их технологические режимы, что позволяет повысить их долговечность за счет повышения твердости лезвий и обеспечения эффекта их самозатачиваемости [6-10].

Предлагаемые варианты изготовления ножей роторных косилок предусматривают повышение твердости и прочности лезвий либо с помощью электромеханической обработки по патентам РФ № 229761 и 229733 [6, 7], либо наплавкой износостойких сплавов сормайта по патентам РФ № 232327 и 233792 или релита по патенту РФ № 231973.

Проведенные исследования показали, что электромеханическая обработка режущих кромок позволяет повысить их твердость в 3,15 раза (с 250 HV 0,3 до 787 HV 0,3). Твердость наплавленных структур релита на режущих кромках достигает у структур вольфрама до 1020 HV 0,05, у структур карбидов вольфрама 2460 HV 0,05.

Проведенные исследования характера износа режущих частей ножей роторных косилок показали, что при их эксплуатации из-за увеличения скорости резания от места закрепления ножей к их периферии более значительному износу подвергается их периферийная часть. Поэтому для повышения долговечности ножей роторных косилок и снижения энергозатрат и дополнительных материалов (сормайта или релита) предложено торцевые части упрочнить по патенту РФ 229733 [10] на разную ширину, а наплавку износостойких покрытий по патентам РФ № 233792 и 231973 выполнять «различной изменяющейся шириной, причем в начале режущей кромки слой сормайта имеет ширину 4...5 мм, в конце у торцевых режущих частей слой сормайта имеет ширину 12...15 мм» [6, 8].

Общеизвестно, что при скашивании травы в случае затупления режущих кромок ножей роторных косилок необходима их перезаточка [1] или вообще замена на новые изделия. Поэтому применение ножей, изготовленных по

предлагаемым вариантам обеспечения самозатачивания, в конечном итоге приведет к значительному сокращению расхода пластинчатых ножей при заготовке кормов.

Список использованной литературы

1. Буйлов, В.Н. Ремонт рабочих органов почвообрабатывающих агрегатов: монография / В.Н. Буйлов, И.В. Люляков. – Саратов, 2007. – 134 с.
2. Результаты исследований структуры и микротвердости режущих частей лап культиваторов John Deere [Текст] / С.А. Яковлев, В.И. Курдюмов, Н.П. Аюгин [и др.] // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2023. – Т. 19, № 12(228). – С. 538-542.
3. Обеспечение самозатачивания режущих частей рабочих органов сельскохозяйственной техники точечной электромеханической обработкой [Текст] / С.А. Яковлев, В.И. Курдюмов, А.А. Глущенко [и др.] // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2021. – Т. 17. – № 9(201). – С. 419-423.
4. Sharifullin, S.N. Simulation of the Process of Electric Spark Hardening of the Surfaces of Machine Parts and Mechanisms [Текст] / S.N. Sharifullin, M.M. Abzhaev, A.T. Bainiyazova // High Energy Chemistry. – 2023. – Vol. 57, No. S1. – P. S193-S199. – DOI 10.1134/s001814392307041x.
5. Результаты исследований износостойкости культиваторных лап, изготовленных по различным технологиям / С. А. Яковлев, В. И. Курдюмов, Б. В. Кузнецов [и др.] // Наука в центральной России. – 2025. – № 3(75). – С. 74-84. – DOI 10.35887/2305-2538-2025-3-74-84.
6. Патент № 229733 У1 Российская Федерация, МПК A01D 34/52. Пластинчатый нож ротационных косилок: № 2023136100: заявл. 28.12.2023: опубл. 24.10.2024, Бюл. № 30 / В.И. Курдюмов, С.А. Яковлев, М.А. Иванов, Е.В. Сидоров; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина".
7. Патент № 229761 У1 Российская Федерация, МПК A01D 34/52. Пластинчатый нож ротационных косилок: № 2023136130: заявл. 28.12.2023: опубл. 24.10.2024, Бюл. № 30 / В.И. Курдюмов, С.А. Яковлев, Е.В. Сидоров, Р.Г. Гаврилов; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина".

8. Патент № 231973 U1 Российская Федерация, МПК A01D 34/00. Пластиначатый нож ротационных косилок: заявл. 11.07.2024: опубл. 20.02.2025 / В. И. Курдюмов, С. А. Яковлев, Е. В. Сидоров [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина".
9. Патент № 232327 U1 Российская Федерация, МПК A01D 34/00. Пластиначатый нож ротационных косилок: заявл. 11.07.2024: опубл. 07.03.2025 / В. И. Курдюмов, С. А. Яковлев, М. А. Иванов, Е. В. Сидоров; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина".
10. Патент № 233792 U1 Российская Федерация, МПК A01D 34/63, A01D 34/14. Пластиначатый нож ротационных косилок: заявл. 11.07.2024: опубл. 05.05.2025 / В. И. Курдюмов, С. А. Яковлев, М. А. Иванов, Е. В. Сидоров; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина".

«ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН»

Научная статья

УДК 621.793:621.357.77

А.В. Бирюков, А.В. Сидоренко, Е.А. Миронова, Е.Е. Кабиев, Н.А. Найденков

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ КОМПОЗИЦИОННЫХ ХРОМОВЫХ ПОКРЫТИЙ

Аннотация: рассмотрены вопросы износстойкости композиционных гальванических покрытий на основе хрома. Установлено, что применение нанодисперсных порошков полититаната калия и дисульфида молибдена способствует получению композиционного покрытия хрома обладающего улучшенными антифрикционными характеристиками. Такое покрытие не только меньше изнашивается, но и что более важно, меньше изнашивает сопряженную с ним деталь. Применение таких покрытий позволит снизить износ и повысить ресурс наиболее ответственных деталей автотракторной техники в целом.

Ключевые слова: хромирование, нанодисперсные частицы, гальваническое покрытие, износстойкость.

А.В. Birukov, А.В. Sidorenko, Е.А. Mironova, Е.Е. Kabiev, Н.А. Naydenkov

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

RESEARCH OF THE WEAR RESISTANCE OF COMPOSITE CHROME COATINGS

Annotation: the wear resistance of chromium-based composite electroplated coatings has been studied. It has been found that the use of nano-dispersed powders of potassium polytitanate and molybdenum disulfide leads to the formation of a chromium composite coating with improved antifriction properties. This coating not only reduces wear, but also, more importantly, reduces wear on the associated part. The use of such coatings can help reduce wear and increase the service life of critical components in automotive and tractor equipment.

Keywords: chrome plating, nano-dispersed particles, electroplating, and wear resistance.

Введение. Процессы, протекающие в поверхностном слое детали при эксплуатации, и ее служебные характеристики во многом зависят от состояния ее поверхностного слоя, полученного при технологической обработке, условиях нагружения, особенностей контактного взаимодействия и других факторов. Долговечность деталей, изготовленных из одного и того же материала, но по разной технологии и с различными режимами отличается в десятки раз вследствие различных свойств поверхностного слоя.

Нанесение покрытий является наиболее распространенным в промышленности методом защиты металлов от коррозии, увеличения износостойкости, антифрикционных свойств. Особое место среди них занимают электролитические износостойкие покрытия, в частности покрытие хрома. Упрочнение хромированием широко применяется в машиностроении и приборостроении для повышения эксплуатационных свойств. Однако покрытие хрома имеет и существенные недостатки, поэтому в настоящее время успешно развивается технология осаждения нанокомпозиционных гальванических покрытий (НКГП). Суть метода заключается в том, что вместе с металлом из гальванической ванны на детали осаждаются нанодисперсные частицы, волокна и усы различных карбидов, боридов, оксидов, сульфидов, порошков полимеров и т.д. [1]

Включения нанодисперсных материалов улучшают физико-механические свойства получаемых гальванических покрытий и, главное, в несколько раз увеличивают их износостойкость, антифрикционные характеристики, термическую и коррозионную стойкость [2].

Материалы и методы. Для создания НКГП хрома с улучшенными антифрикционными характеристиками наиболее перспективным представляется применение нанодисперсных частиц твердой смазки. К ним относятся: графит, нитриды (α -BN), сульфиды (MoS₂, WS₂, ZnS, CdS), селениды (NbSe₂, TaSe₂), галогениды (MgF₂, CaF₂, BaF₂, CdCl₂), фталоцианины, полититанат калия [2].

С целью определения влияния оказываемого нанодисперсными порошками на антифрикционные характеристики НКГП хрома был проведен ряд экспериментов. В качестве веществ нанодисперсной фазы были выбраны порошки полититаната калия и дисульфида молибдена с концентрацией частиц в электролите 2 г/л. Покрытия наносились из стандартного электролита, в режиме твердого хромирования (температура электролита 55 °C; плотность тока 50 A/дм²).

Износостойкость покрытий определяли на машине трения МИ-1М по схеме вращающийся ролик с покрытием – неподвижная колодка (контртело). Испытания проводились на индустриальном масле И-20 (ГОСТ 20799-88) с добавлением кварцевого абразива с размерами частиц менее 5 мкм при концентрации $3\pm0,5\%$ по массе, согласно ГОСТ 23.224-86. Продолжительность каждого опыта – 6 ч, частота вращения вала машины трения – 300 мин⁻¹, нагрузка на колодку – 650 Н. Ролик изготавливали из стали 30ХГСА, колодку из чугуна СЧ 21-40. Перед проведением испытаний образцы пар трения прирабатывались в течение 4 ч на режимах основного испытания. Износ образцов определялся взвешиванием их на аналитических весах марки ВЛА-200М с точностью измерения $1\cdot10^{-4}$ г.

Результаты и обсуждение. В результате проведенных испытаний было установлено (см. рисунок), что применение нанодисперсных частиц полититаната калия позволяет снизить износ хромового покрытия в 1,23 раза и контртела в 1,8 раза, а применение дисульфида молибдена снижает износ покрытия в 1,66 раза и контртела в 2,22 раза.

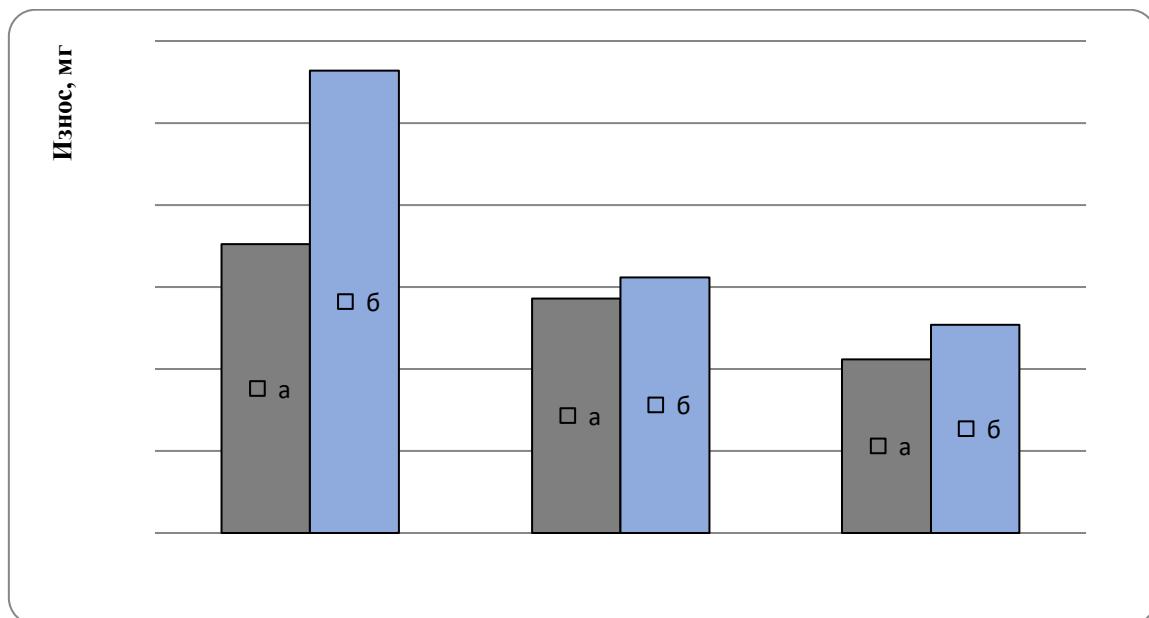


Рисунок 1. Влияние нанодисперсных частиц на износ хромового покрытия: 1 – покрытие хрома без нанодисперсных частиц; 2 – композиционное покрытие с полититанатом калия; 3 – композиционное покрытие с дисульфидом молибдена; а – износ ролика с покрытием; б – износ колодки (контртела)

Заключение. На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что применение нанодисперсных порошков полититаната калия и дисульфида молибдена способствует получению композиционного покрытия

хрома обладающего улучшенными антифрикционными характеристиками. Такое покрытие не только меньше изнашивается, но и что более важно, меньше изнашивает сопряженную с ним деталь. Применение таких покрытий позволит снизить износ и повысить ресурс наиболее ответственных деталей автотракторной техники в целом.

Список использованной литературы.

1. Нанокомпозиционные гальванические покрытия / В.В. Сафонов, С.А. Шишурин, В.А. Александров, А.В. Евстратов; ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2008. – 128 с.
2. Антропов Л.И., Лебединский Ю.Н.: Композиционные электрохимические покрытия и материалы: - К.: Техника, 1986. – 200 с.

Научная статья
УДК 631.3-82

E.N. Миркина, О.В. Михеева

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

ТИПЫ КАВИТАЦИИ

Аннотация: В статье говориться о типах кавитации и влиянии ее на твердые тела, находящиеся во взаимодействии с ней. Кавитация представляет собой нарушение сплошности потока жидкости за счет образования в нем большого количества пузырьков, заполненных преимущественно парами жидкости или газом.

Возникновение различных типов кавитации в потоке жидкости приводит к разрушению деталей гидравлических машин, вызывая при этом кавитационную эрозию, вибрацию, автоколебания и пульсацию гидравлического привода.

Ключевые слова: кавитация, гидродинамическая кавитация, акустическая кавитация, ультразвуковая кавитация, скорость потока, гидравлические машины, высокое давление, кавитационные пузырьки, фаза давления, кавитационная эрозия.

E.N. Mirkina, O.V. Mikheeva

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilova, Saratov, Russia

TIPY KAVITATSII

Annotation: The article talks about the types of cavitation and its effect on solid bodies that interact with it. Cavitation is a disruption of the continuity of a liquid flow due to the formation of a large number of bubbles filled primarily with liquid vapor or gas.

The occurrence of various types of cavitation in a fluid flow leads to the destruction of parts of hydraulic machines, causing cavitation erosion, vibration, self-oscillations and pulsation of the hydraulic drive.

Keywords: cavitation, hydrodynamic cavitation, acoustic cavitation, ultrasonic cavitation, flow speed, hydraulic machines, high blood pressure, cavitation bubbles, pressure phase, cavitation erosion.

При эксплуатации гидравлических машин в сельском хозяйстве основными причинами износа являются абразивные частицы, находящиеся в жидкости, трение между сопряженными парами, а также кавитация.

Кавитация представляет собой нарушение сплошности потока жидкости за счет образования в нем большого количества пузырьков, заполненных преимущественно парами жидкости или газом.

В зависимости от воздействия на жидкость различных факторов и их природы и образовании кавитационных процессов кавитация подразделяется на гидродинамическую, акустическую, ультразвуковую [1,4].

Гидродинамическая кавитация возникает на участках потока, где давление понижается до некоторого критического значения. Присутствующие в жидкости пузырьки газа или пара, двигаясь с потоком жидкости и попадая в область давления меньше критического, приобретают способность к неограниченному росту.

Если пузырьки содержат достаточно много газа, то при достижении ими минимального радиуса они восстанавливаются и содержат несколько циклов затухающих колебаний.

Сокращение кавитационного пузырька происходит с большой скоростью и сопровождается звуковым импульсом. Это явление сопровождается сильным шумом со сплошным спектром от нескольких сотен Гц до тысяч кГц.

Если кавитационная каверна замыкается вблизи от конструктивного элемента гидравлические машины, то многократно повторяющиеся удары приводят к разрушению (кавитационной эрозии) ее поверхности [3,5].

Увеличение скорости потока после начала кавитации влечет за собой быстрое возрастание числа развивающихся пузырьков, вслед, за чем происходит их объединение в общую кавитационную каверну и тогда течение переходит в струйное.

Для деталей гидравлических машин, обладающих острыми кромками, формирование струйного вида кавитации происходит очень быстро. Наличие кавитации неблагоприятно сказывается на работе гидравлических машин, поэтому возникает проблема для принятия мер к предотвращению кавитации.

В зависимости от скорости протекания кавитационного процесса в гидравлических машинах кроме гидродинамической кавитации возникает акустическая и ультразвуковая.

Акустическая кавитация возникает за счет звукового импульса, который приводит к созданию звукового давления определенной амплитуды. Во время полупериодов прохождения звукового давления происходит разряжение, в результате которого возникают кавитационные пузырьки.

Они представляют собой газовые включения, содержащиеся в жидкости и на колеблющейся поверхности деталей гидравлических машин.

При протекании акустической кавитации пузырьки захлопываются во время полупериодов сжатия, создавая кратковременные импульсы, при этом давление возрастает до 10^4 кгс/м² и более. Высокое давление способно разрушить и диспергировать твердые тела.

Кроме того, зная природу акустической кавитации, ее можно использовать как положительный эффект в некоторых технологических процессах для эмульгирования жидкостей, очистки поверхности, ускорения химических реакций, связанных с ионизацией.

Протекание акустической кавитации со сплошным звуковым спектром порядка 15-20 тыс. Гц вызывает ультразвук, который обладает упругими колебаниями и волнами.

При достижении некоторого порогового уровня интенсивность ультразвука в жидкости усиливает кавитацию, которая представляет собой огромную массу пульсирующих пузырьков воздушной смеси с частотой ультразвука. Данное явление называется ультразвуковой кавитацией.

Она представляет собой сложное движение пузырьков, захлопывающихся в положительной фазе давления, создавая при этом микропотоки, обладающие большой энергией. В результате этого вещество в кавитационной области подвергается интенсивному разрушению [2].

На основании проведенного анализа можно сделать следующее заключение, что возникновение различных типов кавитации в потоке жидкости приводит к разрушению деталей гидравлических машин, вызывая при этом кавитационную эрозию, вибрацию, автоколебания и пульсацию гидравлического привода.

Для широкого использования гидравлического привода в сельскохозяйственном машиностроении необходимо провести теоретические и экспериментальные исследования по влиянию на гидравлические машины кавитационных процессов с математическим моделированием.

Список использованной литературы

1. Перник, А.Д. Проблемы кавитации -2-е изд. [Текст] / А.Д. Перник// Л.1966, 366 с.

2. Рой Н.А. Возникновение и протекание ультразвуковой кавитации [Текст] /Н.А. Рой В// – Акустический журнал-1957-Вып.1.
3. Ловкис, З.В. Гидроприводы сельскохозяйственной техники: конструкция и расчет/З.В. Ловкис//М.: Агропромиздат. 1990.- 239 с.
4. Кувшинов, В.В. Образование гидроаэродинамических причин в рабочих жидкостях гидросистем/В.В. Кувшинов, Е.Н. Миркина// Организация, технология и механизация производства. Сборник научных работ, посвященный 70-летию П.С. Батеенкова, Саратов, 2006, С. 140-142.
5. Михеева, О.В. Расчет режимов работы гидропривода/О.В. Михеева, Е.Н. Миркина// Инновационное техническое агропромышленного комплекса. Научно-техническая конференция с международным участием имени А.Ф. Ульянова. Саратов, 2024. С.197-200.

Научная статья
УДК 621.225.7

E.N. Миркина, О.В. Михеева

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ АКСИАЛЬНО-ПОРШНЕВОГО ГИДРОПРИВОДА В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИНАХ

Аннотация: В статье говориться об применение аксиально-поршневого гидропривода в сельскохозяйственных машинах. С применением объемного гидропривода механизма передвижения металлоемкость машины снижается, а производительность возрастает. При эксплуатации гидромашин происходит износ деталей, который приводит к нарушению работы машины. Для повышения износостойкости применяются методы электролитического нанесения покрытий.

Ключевые слова: объемный гидропривод, инерционная нагрузка, износ деталей, электролитическое нанесение покрытий.

E.N. Mirkina, O.V. Mikheeva

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilova, Saratov, Russia

APPLICATION OF AXIAL PISTON HYDRAULIC DRIVE IN AGRICULTURAL MACHINERY

Annotation: The article discusses the use of axial piston hydraulic drives in agricultural machinery. С применением объемного гидропривода механизма передвижения металлоемкость машины снижается, а производительность возрастает. При эксплуатации гидромашин происходит износ деталей, который приводит к нарушению работы машины. Для повышения износостойкости применяются методы электролитического нанесения покрытий.

Keywords: volumetric hydraulic drive, inertial load, wear of parts, elektroliticheskoye naneseniye pokrytiy.

В современном сельскохозяйственном и строительно-дорожном машиностроении получил широкое распространение объемный гидропривод. Он

используется в картофелеуборочных, зерноуборочных комбайнах, гусеничных и пневмоколесных экскаваторах, мелиоративных и других машинах. С применением объемного гидропривода механизма передвижения металлоемкость машины снижается, а производительность возрастает [1].

Объемный гидропривод обладает рядом преимуществ. Он позволяет создать широкую номенклатуру агрегатов на основе ограниченного числа элементов.

Промышленностью выпускаются шестеренные, пластинчатые, поршневые и планетарные гидромашины.

Аксиально-поршневым насосам отдается наибольшее предпочтение в современном машиностроении. Однако необходимо учитывать, что они значительно дороже шестеренных примерно в 5...7 раз, требуют повышенной чистоты рабочей жидкости и применения более дорогих сортов масел [2,3].

Аксиально-поршневые и аксиально-плунжерные гидромашины имеют небольшие габаритные размеры. Они работают при высоких давлениях, допускают форсирование по давлению, быстроходны и могут работать на режимах с высоким КПД.

Эти качества гидравлических машин обеспечивают возможность получения в них наибольших ускорений инерционной нагрузки, наименьших моментов инерции вращающих частей и работы на самой высокой частоте вращения при заданной мощности. Благодаря высокому КПД (0,97...0,98) они могут работать при частоте вращения $0,5..6 \text{ с}^{-1}$, приводном моменте в пределах 50...300 Нм и давлении в гидравлической системе до 30...40 МПа. В сельскохозяйственных машинах они применяются в приводах ведущих колес самоходных агрегатах. Жесткая характеристика таких насосов, возможность получения малой частоты вращения позволяет исключить металлоемкие механические редукторы, обуславливают возможность использования их для приводов средненагруженных активных рабочих органов сельскохозяйственных машин.

При эксплуатации гидромашин в целом и, в частности, аксиально-поршневых насосов происходит износ деталей, который приводит к нарушению работы машины. Поэтому на предприятиях выпускающих и эксплуатирующих аксиально-поршневые гидромашины, отработана технология с применением химико-термических методов обработки изнашивающихся поверхностей и последующей механической обработки, что обеспечивает высокое качество этих машин. Для повышения износостойкости применяются методы электролитического нанесения покрытий, а это ограничивает выбор типа покрытия из-за низкой контактной прочности сцепления с поверхностным слоем.

Анализ отказов серийных аксиально-поршневых гидромашин показывает, что большая часть их выходит из строя в результате преждевременного износа деталей труящихся пар. Основная причина отказов – износ деталей, входящих в состав качающегося узла аксиально-поршневых гидромашин, в том числе двух основных пар трения.

Блок цилиндров – распределитель. Износ происходит по сферическим поверхностям блока цилиндров и распределителя, контактирующих в процессе работы качающегося узла (износ распределителя 1,5 – 2 мм, блока цилиндров 1-1,25 мм).

Поршни – блок цилиндров. Износ происходит неравномерно в момент контакта отверстий блока цилиндров с поршнями (износ поршней 0,2 – 0,7 мм) [4].

Для изготовления труящихся деталей требуются материалы со сложным комплексом физико-механических свойств. В серийных аксиально-поршневых гидромашинах для деталей пар трения используются бронза и сталь. Блоки цилиндров изготавливают из бронзы, а поршни и распределители – из стали. Эти материалы обладают антифрикционными свойствами, но дорогостоящи.

Для повышения износостойкости деталей и увеличения ресурса аксиально-поршневых гидромашин (их мощности и производительности) разработаны нетрадиционные методы нанесения покрытий. Метод детонационного напыления позволяет наносить покрытия толщиной 0,005 – 2 мм, варьировать параметры твердости, износостойкости, коэффициента трения поверхностей [5,6,7].

Замена дорогостоящих деталей из цветных металлов деталями из материалов общемашиностроительного применения, применение новых материалов на основе пластмасс является одной из задач в машиностроении по уменьшению стоимости гидромашин и продление срока службы.

Список использованной литературы.

1. Применение гидрообъемного привода в строительно-дорожном оборудовании [Текст] / Автомобильная промышленность США, 1981 №1. – С.15-18.
2. Исаев А.Д. Влияние загрязнения рабочих жидкостей на элементы гидропривода [Текст] / А.Д. Исаев, Е.Н. Миркина //Современные проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения. Материалы IX Национальной конференции с международным участием – Саратов, 2019. С.127-130.
3. Исаев А.Д. Рабочие жидкости, применяемые в гидроприводах сельскохозяйственной техники [Текст] / А.Д. Исаев, Е.Н. Миркина

//Инновации природообустройства и защите окружающей среды. Материалы I Национальной научно-практической конференции с международным участием – Саратов, 2019. С.524-527.

4. Крагельский И. В. Трение и износ [Текст] / И.В. Крагельский .- М.: Машиностроение, 1968. – 480 С.
5. Дащенко А.Ф. Повышение износостойкости деталей нанесенных детонационного покрытия НАС [Текст] /А.Ф. Дащенко, К.И. Белоконев//Детали машин. – Киев, 1992. Вып.54 – С.108-111.
6. Михеева О.В. Расчет гидроприводов с дроссельным регулированием [Текст] /О.В. Михеева, Е.Н. Миркина//Инновационное техническое обеспечение агропромышленного комплекса. Материалы научно-технической конференции с международным участием имени А.Ф. Ульянова – Саратов, 2023. С.138-141.
7. Михеева О.В. Расчет гидроприводов с объемным регулированием [Текст] /О.В. Михеева, Е.Н. Миркина// Инновационное техническое обеспечение агропромышленного комплекса. Материалы научно-технической конференции с международным участием имени А.Ф. Ульянова – Саратов, 2024. С.201-204.

Научная статья
УДК 621.225.7

O.B. Михеева, Е.Н. Миркина

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и
инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

ВИДЫ АКСИАЛЬНО-ПОРШНЕВЫХ ГИДРОМАШИН

Аннотация: В статье рассматриваются конструкции аксиально-поршневых гидромашин с различным принципом действия, а также основные направления их развития. В условиях научно-технического прогресса систематизация расчетов гидроприводов, совершенствование конструкций и нахождение полных форм их применения приобретают важное народнохозяйственное значение.

Ключевые слова: аксиально-поршневой гидропривод, ускорения, инерционная нагрузка, быстродействие гидропривода, роторные гидравлические машины, нероторные гидравлические машины.

O.V. Mikheeva, E.N. Mirkina

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after
N.I. Vavilova, Saratov, Russia

TYPES OF AXIAL-PISTON HYDRAULIC MACHINES

Annotation: The article discusses the designs of axial-piston hydraulic machines with different operating principles, as well as the main directions of their development. In the context of scientific and technological progress, the systematization of hydraulic drive calculations, the improvement of designs, and the finding of complete forms of their application are of great importance for the national economy.

Keywords: axial piston hydraulic drive, accelerations, inertial load, hydraulic drive speed, rotary hydraulic machines, non-rotary hydraulic machines

Сельское хозяйство оснащается энергонасыщенными скоростными машинами, оборудованными гидравлическими системами для привода рабочих органов. Режимы их работы разнообразны и определяются величиной и интенсивностью внешней нагрузки.

В связи с этим к гидроприводу при дальнейшем его использовании как на существующих машинах, так и на рабочих органах, предъявляются к его совершенствованию и созданию новых машин.

Совершенствование гидропривода направлено на повышение ускорения инерционной нагрузки, быстродействие гидропривода, уменьшение его габаритных размеров при фиксированной мощности и проходных сечений его элементов. Расширение многих преимуществ гидропривода приводит к созданию систем с высоким давлением рабочей жидкости [1].

Аксиально-поршневые гидравлические машины по сравнению с другими гидравлическими машинами при передаче одинаковой мощности отличаются наибольшей компактностью и, следовательно, наименьшей массой. Имея рабочие органы с малыми радиальными габаритными размерами, они обладают малым моментом инерции, а также способны быстро изменять частоту вращения. Эти специальные свойства обусловили их широкое применение в качестве регулируемых и нерегулируемых гидромашин.

В настоящее время разработаны следующие виды аксиально-поршневых гидравлических машин:

- роторные с вращающимся блоком цилиндров и золотниковым распределением;
- нероторные с неподвижным блоком цилиндров и клапанным или золотниковым распределением.

К роторным гидравлическим машинам относятся: гидравлические машины с непосредственным приводом цилиндрического блока с точечным касанием, с коническим размещением поршней и двойным несиловым или силовым карданным валом.

К нероторным гидравлическим машинам относятся: гидравлические машины бескарданного типа с шатунным или наружным приводом и приводом через внутренний вал [2,4,5].

Аксиально-поршневые гидравлические машины с точечным касанием обычно выполняются с вращающимся блоком цилиндров и реже с вращающимся упорным диском и распределителем.

Аксиально-поршневые гидравлические машины с коническим размещением поршней в блоке цилиндров применяются для уменьшения окружных скоростей на торцевом распределении и использования центробежных при выдвигании поршней, что позволяет уменьшить необходимое давление подпитки.

Аксиально-поршневые роторные гидравлические машины с двойным карданом являются в настоящее время наиболее распространенными. Они могут

быть регулированными и нерегулированными и работать при скорости вращения до 4000 об/мин, в отдельных случаях и до 18000 об/мин.

Аксиально-поршневые гидравлические машины с силовым карданом отличаются от других типов машин невозможностью проскальзывания головок поршней относительно упорного диска, из-за чего им отдают предпочтение.

Однако аксиально-поршневые гидравлические машины с двойным несиловым карданом имеют преимущества за счет автоматического привода машин большой мощности.

Аксиально-поршневые гидравлические машины бескарданного типа изготавливаются мощностью до 3000 кВт. Они относятся к классу роторных гидромашин с пространственной кинематической и ломанной осью [3].

Создание аксиально-поршневых, гидравлические машин, форсированных по давлению, связано с решением многих весьма сложных задач, особенно технологических, в связи, с чем вызывает определенные трудности [6,7].

Рабочее давление во вновь создаваемых образцах, как правило, повышено, и рабочий процесс таких гидравлических машин усложнен, поскольку форсированное давление заставляет учитывать нелинейности, которыми обычно пренебрегают в системах с более низким давлением. Кроме того, использование высоких давлений в гидравлических машинах требует разработки новых уплотнительных устройств.

В условиях научно-технического прогресса систематизация расчетов гидроприводов, совершенствование конструкций и нахождение полных форм их применения приобретают важное народнохозяйственное значение.

На основании вышеизложенного необходимо провести научные исследования по вопросу дальнейшего применения гидравлических машин.

Список использованной литературы.

1. Миркина Е.Н. Использование объемного гидропривода в сельскохозяйственном машиностроении [Текст] / Е.Н. Миркина// Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2006. №3. С.33-34.
2. Гавриленко Б.А Гидравлический привод [Текст] /Б.А. Гавриленко, В.А. Минин, С.Р. Рождественский. – М.: Машиностроение, 1968.- 495с.
3. Кулагин А.В. Основы теории и конструкция объемных гидропередач [Текст] /А.В. Кулагин, Ю.С. Демидов, Н.Н. Прокопьев. – М.: Высшая школа, 1968. – 390 с.
4. Исаев, А.Д. Режимы эксплуатации элементов гидроприводов [Текст] /А.Д. Исаев, Е.Н. Миркина// Инновации в природообустройстве и защите в

чрезвычайных ситуациях. Материалы VII Международной научно-практической конференции – Саратов, 2020. С.342-345.

5. Исаев, А.Д. Режимы эксплуатации элементов гидроприводов [Текст] /А.Д. Исаев, Е.Н. Миркина//Наука и образование. 2020. Т3. №4. С.42.
6. Михеева О.В. Расчет гидроприводов с дроссельным регулированием [Текст] /О.В. Михеева, Е.Н. Миркина//Инновационное техническое обеспечение агропромышленного комплекса. Материалы научно-технической конференции с международным участием имени А.Ф. Ульянова – Саратов, 2023. С.138-141.
7. Михеева О.В. Расчет гидроприводов с объемным регулированием [Текст] /О.В. Михеева, Е.Н. Миркина// Инновационное техническое обеспечение агропромышленного комплекса. Материалы научно-технической конференции с международным участием имени А.Ф. Ульянова – Саратов, 2024. С.201-204.

Научная статья
УДК 629.3.017

С.А. Шишиурин, А.Д. Исаев

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ НА УДЕЛЬНУЮ ПРОВОДИМОСТЬ И ДИЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ПРОНИЦАЕМОСТЬ МАСЕЛ В ГИДРОСИСТЕМАХ ТРАКТОРОВ

Аннотация: в статье представлены результаты исследования влияния основных видов эксплуатационных загрязнений — воды, металлических частиц и продуктов окисления — на электрофизические свойства гидравлических масел, применяемых в гидросистемах энергонасыщенных тракторов. Показано, что каждый тип загрязнения оказывает специфическое влияние на удельную электропроводимость и диэлектрическую проницаемость масла, что позволяет использовать эти параметры в качестве диагностических признаков для оценки технического состояния гидравлической системы. Описана конструкция портативного устройства на базе анализатора импеданса AD5933, предназначенного для экспресс-диагностики состояния масла в полевых условиях. Предложена схема подключения чипа и алгоритм работы устройства. Обоснована экономическая целесообразность внедрения данного метода диагностики для повышения безотказности гидросистем.

Ключевые слова: гидравлическое масло, удельная проводимость, импедансная спектроскопия, диэлектрическая проницаемость, контроль качества масла.

S.A. Shishurin, A.D. Isaev,

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF OPERATIONAL POLLUTION ON THE SPECIFIC CONDUCTIVITY AND DIELECTRIC PERMEABILITY OF OILS IN TRACTOR HYDRAULIC SYSTEMS

Annotation: The article presents the results of a study of the effect of the main types of operational contaminants — water, metal particles, and oxidation products — on the electrophysical properties of hydraulic oils used in the hydraulic systems of power-intensive tractors. It is shown that each type of contamination has a specific effect on

the specific electrical conductivity and dielectric constant of the oil, which allows these parameters to be used as diagnostic indicators for assessing the technical condition of the hydraulic system. The article describes the design of a portable device based on the AD5933 impedance analyzer, which is designed for rapid diagnostics of the oil condition in the field. A chip connection scheme and device operation algorithm are proposed. The economic feasibility of implementing this diagnostic method to increase the reliability of hydraulic systems is substantiated.

Keywords: hydraulic oil, specific conductivity, impedance spectroscopy, dielectric constant, oil quality control.

Введение. Гидравлическая система (ГС) является одной из ключевых функциональных подсистем энергонасыщенных тракторов, таких как Кировец К-744. Её надёжность напрямую определяет производительность машины и эффективность выполнения технологических операций. В отличие от механических узлов, отказы в ГС чаще всего носят скрытый характер и проявляются лишь на стадии критического износа компонентов или полной потери работоспособности.

Как было выяснено из проведенного анализа, «доля эксплуатационных отказов по гидросистемам достигает 35–40% от общего количества отказов» [1]. Основной причиной этих отказов является загрязнение рабочей жидкости — гидравлического масла, которое в процессе эксплуатации подвергается воздействию высокого давления, температурных колебаний, реакции с кислородом, попаданию воды и механических примесей.

Традиционный подход к техническому обслуживанию, основанный на регламентной замене масла через фиксированный интервал (например, для трактора К-744 — ТО-3 каждые 1000 моточасов), не учитывает реального технического состояния жидкости. В этих условиях актуальной становится задача перехода к обслуживанию по состоянию рабочей жидкости, для реализации которой необходимы чувствительные экспресс-методы контроля состояния масла.

Современные исследования показывают, что методы диэлектрической и импедансной спектроскопии являются эффективным инструментом для контроля состояния масел. Эти методы позволяют не только констатировать факт загрязнения, но и идентифицировать его характер по изменению таких параметров, как удельная электропроводимость (σ) и диэлектрическая проницаемость (ϵ) [2].

Целью настоящей работы является экспериментальное исследование влияния основных видов эксплуатационных загрязнений на электрофизические

свойства гидравлического масла с целью обоснования их использования в системах экспресс-диагностики гидросистем тракторов.

Минеральные и синтетические гидравлические масла по своей природе являются диэлектриками, то есть веществами с низкой электропроводностью и высоким электрическим сопротивлением. Однако в процессе эксплуатации в масло попадают загрязнители, которые кардинально изменяют его электрофизические свойства. Вода, сильный электролит, резко увеличивает удельную электропроводимость масла. Металлические частицы, являясь проводниками, создают микрозамкнутые контуры и влияют на индуктивные и ёмкостные характеристики системы. Продукты окисления — полярные соединения — изменяют диэлектрическую проницаемость и тангенс угла диэлектрических потерь ($\tg\delta$). Эти изменения являются объективными и количественно измеримыми параметрами, которые могут служить диагностическими признаками. Данная закономерность широко используется в практике контроля состояния изоляционных масел в электроэнергетике, а в последние годы активно применяется и для диагностики смазочных и гидравлических жидкостей в машиностроении [3]. На основе этих данных разработана таблица, отражающая зависимость электрофизических параметров от типа загрязнения.

Таблица 1
Реакция датчика на частицы меди и железа различного размера

Вид загрязнения	Влияние на электрические параметры
Вода	Сильный электролит, резко увеличивающий удельную электропроводимость (σ) масла
Металлические частицы	Проводники, создающие микрозамкнутые контуры и влияющие на индуктивные и ёмкостные характеристики системы (Z)
Продукты окисления (органические частицы)	Полярные соединения, изменяющие диэлектрическую проницаемость (ϵ) и тангенс угла диэлектрических потерь ($\tg\delta$)

Для практической реализации метода импедансной спектроскопии в полевых условиях может применяться устройство на базе анализатора импеданса AD5933. Этот чип представляет собой высокоточный импедансный анализатор, сочетающий в себе генератор частот и 12-разрядный АЦП. Его ключевые преимущества: компактность, энергоэффективность, простота управления по цифровой шине I₂C и гибкость — возможность проведения измерений в широком диапазоне частот (от 1 кГц до 100 кГц), что важно для идентификации разных типов загрязнителей. Измерительная ячейка представляет собой двухемкостную конструкцию, в которую погружается проба масла. При помощи

вакуумного насоса масло перекачивается через канал с установленной катушкой, которая используется для пересчета данных AD5933 в удельные значения проводимости (σ) и диэлектрической проницаемости (ϵ).

Эти данные позволяют не только констатировать факт загрязнения масла, но и идентифицировать доминирующий тип загрязнения, что является ключевым для принятия правильного решения о техническом обслуживании.

Перспективы применения такого устройства очень велики. В первую очередь позволяет перейти от реактивного устранения последствий отказа к проактивному техническому обслуживанию, что способствует повышению безотказности гидравлических систем и значительной экономии средств. Мобильное устройство на базе AD5933 можно использовать в полевых условиях прямо на месте эксплуатации трактора, что значительно ускоряет процесс диагностики и снижает затраты времени. Также внедрение таких устройств позволит снизить простой техники за счет своевременного выявления начальных стадий загрязнения масла, предотвращения выхода из строя дорогостоящих компонентов ГС (насосов, распределителей, гидроцилиндров) и минимизации экологических рисков, связанных с аварийными потерями рабочей жидкости [5].

В заключении следует отметить, что предлагаемый метод диагностики с использованием импедансной спектроскопии и анализа электрофизических параметров масла является научно обоснованным и практически применимым. Он позволяет перейти от регламентного ТО к обслуживанию по фактическому состоянию, что является необходимым условием для повышения надёжности гидравлических систем энергонасыщенных тракторов в современных условиях сельскохозяйственного производства.

Список использованной литературы.

1. Фоменко, Н. А. Совершенствование эксплуатационных свойств гидравлических систем машинно-тракторных агрегатов: дис. канд. техн. наук: 05.20.01 / Фоменко Николай Александрович. — Волгоград, 2002. — 166 с.
2. Харахашян, С. М. Диагностирование зерноуборочного комбайна по внешним признакам отказов / С. М. Харахашян, В. П. Димитров, К. Л. Хубиян // Вестник Дон. Гос. Техн. ун-та. — 2010. — Т. 10, №3 (46). — С. 355–363.
3. Ковалишин, Ф. П. Исследование релаксации электрических параметров отработанного моторного масла // Вестник Калининградского государственного технического университета. — 2023. — № 2(39). — С. 10–16.

4. Barsoukov, E., Macdonald, J. R. *Impedance Spectroscopy: Theory, Experiment, and Applications*. — 3rd ed. — Wiley, 2018. — 864 p.

Научная статья
УДК 339.13.012

С.А. Шишиурин, А.А. Меденко, И.М. Уваров, Е.А. Миронова

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, Россия

ОБОСНОВАНИЕ КОЛИЧЕСТВА СПЕЦИАЛИСТОВ ИНЖЕНЕРНОЙ СЛУЖБЫ ДИЛЕРСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Аннотация: в статье рассматриваются вопросы обеспечения минимально необходимого количества специалистов сервисной службы при создании сети центров технического сервиса импортной сельскохозяйственной техники.

Ключевые слова: технический сервис, эксплуатация сельхозмашин, импортная сельхозтехника, техническое обслуживание, агропромышленный комплекс агротехническое обслуживание, организация, ремонт.

S.A. Shishurin, A.A. Medenko, I.M. Uvarov, E.A. Mironova

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

JUSTIFICATION OF THE NUMBER OF SPECIALISTS IN THE ENGINEERING SERVICE OF AGRICULTURAL EQUIPMENT DEALER ORGANIZATIONS

Annotation: the article discusses the issues of providing the minimum required number of service specialists when creating a network of technical service centers for imported agricultural machinery.

Keywords: technical service, operation of agricultural machinery, imported agricultural machinery, technical maintenance, agro-industrial complex, agro-technical maintenance, organization, repair.

Введение. В современных условиях агропромышленного комплекса страны вопросы совершенствования технического обслуживания и повышения надежности импортной сельскохозяйственной техники приобретают особую важность. Надежная и бесперебойная работа машин в ключевые периоды полевых работ – весеннюю посевную кампанию, уборку урожая и посев озимых

культур – является решающим фактором для получения высоких и стабильных урожаев.

Материалы и методы. Для сокращения простоев техники и обеспечения своевременного выполнения плановых технических обслуживаний организаций, предоставляющие сервисные услуги, активно используют мобильный сервис. Такой подход позволяет проводить обслуживание и ремонт сельхозтехники непосредственно в полевых условиях с использованием автомобилей, оснащённых необходимыми инструментами и оборудованием. Это минимизирует время простоев техники и ускоряет выполнение необходимых работ.

Для эффективного функционирования мобильного сервиса в кратчайшие сроки важно иметь оптимальное количество специалистов. Достаточное число сотрудников не только снижает простои техники, но и повышает качество обслуживания и ремонта. На основе требуемого количества специалистов определяется также число сервисных автомобилей и их оснащение. Таким образом, корректное определение численности персонала мобильного сервиса является актуальной задачей при планировании работы сервисного отдела [1].

Результаты и обсуждение. При расчёте оптимального числа специалистов в качестве основной единицы учитывается среднее количество введённых в эксплуатацию самоходных и прицепных машин (приравненных по сложности к самоходным) на территории обслуживания за последние три года. Анализ работы современных сервисных центров и накопленный опыт показывают, что один специалист мобильного сервиса способен обслуживать в среднем 11 машин. Например, если за последние три года в регионе было введено 200 единиц техники, среднегодовое количество машин на обслуживании составит 66 ($200 \div 3$), а оптимальное количество специалистов – 7 человек ($66 \div 11 \approx 6,6$).

Заключение. При точном определении численности сотрудников также необходимо учитывать прогнозы продаж техники на предстоящий год, поставку нового оборудования и сроки его поступления на территорию обслуживания. Это позволяет обеспечить своевременное и качественное выполнение технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники.

Список использованной литературы.

1. Сафонов В.В., Шишурин С.А., Меденко А.А Улучшение сервисного обслуживания импортной сельскохозяйственной техники на территории Саратовской области // Материалы Международного научно-технического семинара имени В.В. Михайлова «Проблемы экономичности и

эксплуатации автотракторной техники» Вып. 26/ ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2013. С. 174-176.

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И РОБОТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Научная статья

УДК 21.311.42.062.88.019.3-52

Н.П. Кондратьева, К.М. Ложкин

Удмуртский государственный аграрный университет, г. Ижевск, Россия

Р.Г. Большин

МИРЭА - Российский технологический университет, г. Москва, Россия

ЦИФРОВЫЕ УСТРОЙСТВА РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ

Аннотация: внедрение цифровых устройств релейной защиты и автоматики (ЦУ РЗА) повышает уровень защиты электрооборудования, обеспечивая быстрое реагирование на аварийные ситуации. Несмотря на наличие некоторых недостатков, преимущества ЦУ РЗА однозначно делают ее неотъемлемой частью современных энергетических систем.

Ключевые слова цифровые устройства релейной защиты и автоматики, надежность электроснабжения, защита ЛЭП, защита генераторов, защита электродвигателей

N.P. Kondrateva, K.M. Lozhkin

Udmurt State Agrarian University, Izhevsk, Russia

R.G. Bolshin

MIREA - Russian Technological University, Moscow, Russia

DIGITAL RELAY PROTECTION AND AUTOMATION DEVICES

Annotation: The introduction of digital relay protection and automation devices (RPA/DPA) increases the level of protection for electrical equipment, ensuring a rapid response to emergency situations. Despite some shortcomings, the advantages of the central control unit of the relay protection and automation system clearly make it an integral part of modern energy systems.

Keywords: Digital relay protection and automation devices, power supply reliability, power line protection, generator protection, electric motor protection

Цифровые устройства релейной защиты и автоматики (ЦУ РЗА) — это микропроцессорные терминалы, которые широко используются вместо аналоговых электромеханических и статических (полупроводниковых) реле [1, 2]. ЦУ РЗА представляют собой многофункциональные комплексы, совмещающие в одном корпусе функции защиты, автоматики, контроля и измерения.

ЦУ РЗА обеспечивают защиту следующих объектов

1) Защита линий электропередачи (ЛЭП)

МТЗ (Максимальная токовая защита) и ТО (Токовая отсечка): Базовые защиты, которые есть практически в любом терминале. Обнаруживают сверхтоки при КЗ [3, 4, 5].

Дифференциально-фазная защита (ДФЗ): Высокоскоростная защита для высоковольтных ЛЭП. Сравнивает токи по концам линии с помощью каналов связи (ВОЛС, PLC). Пример терминала: СИРИУС-Л.

Дистанционная защита: Основная защита для ЛЭП 35 кВ и выше. Определяет расстояние до места КЗ по соотношению тока и напряжения. Современные терминалы имеют 3-4 ступени. Примеры: СЭТ-1000 (ABB), SIPROTEC 7SA (Siemens), Termium P (Schneider Electric).

2) Защита силовых трансформаторов

Дифференциальная защита: Главная быстродействующая защита. Сравнивает токи на вводах трансформатора, чтобы отличить внутреннее КЗ от внешнего. Учитывает группу соединения обмоток и компенсирует ток намагничивания. Примеры: СИРИУС-Т, SIPROTEC 7UT (Siemens), RET 670 (ABB).

Защита от замыканий на землю (ТЗНП — токовая защита нулевой последовательности): защищает от КЗ на землю в обмотках.

Газовая защита (Реле Бухгольца): хотя само реле Бухгольца является механическим, цифровые терминалы принимают его сигнал и обрабатывают, выдавая команду на отключение.

3) Защита сборных шин распределительных устройств (РУ)

Дифференциальная защита шин (ДЗШ): очень быстродействующая и сложная защита. Сравнивает суммы токов всех присоединений (линий, трансформаторов), подключенных к секции шин. Пример: SIPROTEC 7SS (Siemens).

4) Защита электродвигателей

Терминал защиты двигателя: совмещает множество функций: МТЗ, защита от перегрузки (с тепловой характеристикой), защита от заклинивания ротора, защита от несимметрии (обрыв фазы), защита от минимального и максимального напряжения. Примеры: СИРИУС-М, SIPROTEC 7SK (Siemens), SPAM 150 С (ABB) [6].

5) Защита генераторов

Дифференциальная защита: защищает обмотки статора генератора.

Защита от 100% статорных замыканий на землю.

Защита от потери возбуждения (АРВ) [7].

Перечень ЦУ РЗА, обеспечивающие устойчивую работу энергосистемы в целом [8, 9]:

АЧР (Автоматическая частотная разгрузка): отключает наименее важных потребителей при опасном снижении частоты в сети (дефиците генерирующей мощности). Пример: САЧР-М.

АПВ (Автоматическое повторное включение): встроено в терминалы защиты линий. После отключения КЗ оно пытается снова включить выключатель, так как ~80% КЗ на ВЛ являются неустойчивыми (самоустраниются). Бывает трехфазное АПВ (для всех фаз) и однофазное АПВ (только для поврежденной фазы на ВЛ 110 кВ и выше).

АВР (Автоматический ввод резерва): при пропадании питания на основном вводе автоматически включает резервный источник. Устанавливается на секциях шин подстанций или на вводах потребителей. Может быть как отдельным устройством (СПАВ-М), так и функцией в составе общего терминала.

ЦУ РЗА являются универсальными многофункциональными физическими терминалами, выполняющие функции защиты, управления и измерения для разных объектов на подстанциях среднего класса напряжений [10]. Например, SIPROTEC 4/5 (Siemens): Модели 7SJ, 7SK, 7UT и др. — имеют широкий функционал для разных применений; Sepam (Schneider Electric): - очень популярная серия для сетей 6-35 кВ; СИРИУС (НТЦ «Механотроника», Россия) - широкая линейка устройств для различных объектов; БМРЗ (ЗАО «Энергетический институт», Россия) - блочные микропроцессорные устройства, широко применяются в Российской Федерации.

В таблице 1 приведены основные достоинства и недостатки ЦУ РЗА

Таблица 1

Основные достоинства и недостатки ЦУ РЗА

Преимущества ЦУ РЗА	Недостатки ЦУ РЗА
1. Высокая точность и скорость срабатывания.	1. Зависимость от электроники, т. е. возможность сбоев в работе из-за неисправностей электроники или программного обеспечения
2. Многофункциональность и возможность программирования.	2. Сложность настройки и обслуживания, т. е. требуется обученный квалифицированный персонал, что создает дополнительные финансовые затраты.
3. Более низкая стоимость обслуживания по сравнению с аналоговыми устройствами.	
4. Возможность интеграции в системы автоматизации и мониторинга.	

5. Функция дистанционного управления и мониторинга.	3. Влияние внешних условий, например, электромагнитные помехи и т. д.
---	---

По отношению к аналоговым реле ЦУ РЗА имеют следующие преимущества:

- Многофункциональность: один терминал заменяет десятки отдельных реле.
- Гибкость (программируемость): логика защиты и уставки быстро меняются программно.
- Самодиагностика: устройство постоянно контролирует свою исправность.
- Регистрация аварийных событий (осцилограммы), т. е. запись токов, напряжений и статусов за несколько секунд до и после аварии для последующего анализа.
- Встроенные функции измерения и телеметрии позволяют видеть оперативные токи, напряжения, мощности на диспетчерском щите.
- Возможность интеграции в системы АСУ ТП (SCADA) по стандартным протоколам (IEC 61850, Modbus).

Алгоритм работы ЦУ РЗА

- 1) ЦУ РЗА получают сигналы о состоянии сети и оборудовании с помощью трансформаторов тока и напряжения, т. е. имеет место сигнализация и мониторинг.
- 2) Обработка данных: пробирование полученных сигналов в цифровую форму для анализа параметров сети и выявления отклонений.
- 3) Анализ данных для подтверждения аварийного режима (например, короткое замыкание).
- 4) Сигнализация и действия: срабатывание реле при обнаружении аварийного режима и передача сигналов оператору или системе управления.
- 5) Запись событий в электронном журнале событий для возможного анализа инцидентов и совершенствования алгоритмов защиты.

В качестве примера приведём микропроцессорное устройство релейной защиты и автоматики «Алтай-01» (рис.1), предназначенное для выполнения функций релейной защиты и автоматики силовых трансформаторов, кабельных и воздушных линий, двигателей, конденсаторных батарей в сетях напряжением 0,4 - 35 кВ (Завод-изготовитель: ООО «НПП «Брэслер», Россия, г. Новосибирск).

Микропроцессорное устройство релейной защиты и автоматики «Алтай-01» предназначено для установки в ячейки КРУ, КСО, НКУ и аналогичные распределительные устройства

Технические характеристики: номинальное напряжение: 100 В / 110 В / 220 В (переменного тока), номинальный ток: 1 А или 5 А (переменного тока), частота сети: 50 Гц.

Устройство может быть настроено с комбинацией следующих защит:

- 1) Максимальная токовая отсечка (МТО)
- 2) Трехступенчатая максимальная токовая защита (МТЗ) с независимыми или зависимыми выдержками времени
- 3) Защита от замыканий на землю (ТЗНП)
- 4) Защита от перегрузки
- 5) Защита минимального напряжения (МНЗ)
- 6) Защита максимального напряжения (МЗЗ)
- 7) Защита от несимметрии токов (токовой обратной последовательности)
- 8) Защита двигателя от заторможенного ротора
- 9) Тепловая защита (с имитацией нагрева)

Микропроцессорное устройство релейной защиты и автоматики «Алтей-01» имеет следующие автоматические функции:

- 1) Автоматический повторный включение (АПВ) линии — до 3-х циклов.
- 2) Автоматическое включение резерва (АВР) с контролем напряжения на 2-х вводах и секционном выключателе.



Рисунок 1 Микропроцессорное устройство релейной защиты и автоматики «Алтей-01» (а) и лицевая панель устройства

Перечень позиций показан в таблице 2.

Таблица 2

Перечень элементов лицевой панели

№	Элемент	№	Элемент
1	Светодиод Готов	6б	Светодиод активированного режима МУ
2	Светодиод Вызов	7	Кнопка Включить
3	Свободно-конфигурируемые светодиоды	8	Кнопка Отключить
4	Функциональная кнопка F1	9	Светодиод состояния выключателя
4а	Светодиод состояния кнопки F1	10	Кнопка Съем сигнализации
5	Функциональная кнопка F2	11	Кнопки навигации по меню дисплея
5а	Светодиод состояния кнопки F2	12	Кнопка Назад/Отмена
6	Кнопка переключения режимов управления МУ/ДУ	13	Графический OLED дисплей. 128x64 пикселя
6а	Светодиод активированного режима ДУ		

Пульт управления позволяет производить следующие действия:

- выполнять просмотр текущих значений измеренных и вычисленных величин, состояний дискретных входов и выходных реле устройства, состояния выключателя
- выполнять просмотр и изменение уставок алгоритмов РЗА
- производить местное управление выключателем
- изменять программу уставок
- выполнять просмотр регистратора событий: журнал событий, системный журнал, журнал аварийных отключений, журнал ОМП, журнал перегрева
- выполнять просмотр информации об устройстве.

На пульте управления (рисунок 1, б) размещены элементы индикации, кнопки, элементы для работы с человеко-машинным интерфейсом.

Таким образом, внедрение ЦУ РЗА позволяет значительно повысить уровень защиты электрооборудования и обеспечивает быстрое реагирование на аварийные ситуации. Несмотря на наличие некоторых недостатков, преимущества ЦУ РЗА однозначно делают ее неотъемлемой частью современных энергетических систем. Изучение и внедрение новых технологий в области ЦУ РЗА повышает уровень надежности и безопасности электроэнергетики в целом.

Список использованной литературы.

1. Digital automation of energy-efficient in vitro irradiation of orchard plum micro cuttings / N. P. Kondrateva, R. Z. Akhatov, R. G. Bolshin [et al.] // Light & Engineering. – 2023. – Vol. 31, No. 6. – P. 57-64. – DOI 10.33383/2023-019. – EDN QJMCXK.
2. Применение цифровой автоматизированной системы для реализации энергосберегающих мероприятий в теплице / Н. П. Кондратьева, Р. Г. Большин, М. Ю. Хризман [и др.] // Современные тенденции

технологического развития АПК : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной Десятилетию науки и технологий и 300-летию Российской академии наук, Ижевск, 24–26 февраля 2025 года. – Ижевск: Удмуртский государственный аграрный университет, 2025. – С. 277-282. – EDN TOXKNU.

3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023667916 Российской Федерации. Программа автоматического ввода резерва для схемы, два рабочих ввода с секционным автоматическим выключателем: № 2023666700: заявл. 10.08.2023: опубл. 21.08.2023 / Н. П. Кондратьева, А. А. Шишов, Р. Г. Большин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Удмуртский государственный аграрный университет». – EDN FTTQUD.
4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023669400 Российской Федерации. Программа автоматического ввода резерва для схемы, два рабочих ввода с секционированием и вводом от ДЭС : № 2023668068 : заявл. 01.09.2023: опубл. 14.09.2023 / А. А. Шишов, Н. П. Кондратьева, Р. Г. Большин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Удмуртский государственный аграрный университет». – EDN VUJLQB.
5. Изменение режима работы системы электроснабжения сети 6 кВ при переходе от изолированной нейтрали к резистивно-заземленной / Н. П. Кондратьева, А. А. Шишов, В. Ф. Сторчевой [и др.] // Агроинженерия. – 2023. – Т. 25, № 2. – С. 74-82. – DOI 10.26897/2687-1149-2023-2-74-82. – EDN PCQGYD.
6. Кондратьева, Н. П. Внедрение системы визуализации на базе контроллеров Siemens s-1200 в программу мониторинга изоляции распределительных установок 6-10 кВ / Н. П. Кондратьева, А. А. Шишов, Р. З. Ахатов // Перспективные технологии и инновации в АПК в условиях цифровизации : Материалы Международной научно-практической конференции, Чебоксары, 15 февраля 2022 года. – Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет, 2022. – С. 309-311. – EDN SHPZPH.
7. Повышение надежности АВР ТП 6/0,4 в режиме работы от ДЭС / Н. П. Кондратьева, А. А. Шишов, Р. Г. Большин [и др.] // Вестник НГИЭИ. – 2023. – № 6(145). – С. 63-74. – DOI 10.24412/2227-9407-2023-6-63-74. – EDN HZBIOS.

8. Повышение надежности электроснабжения предприятий АПК от понижающих трансформаторов 6/0,4 кВ / Н. П. Кондратьева, А. А. Шишов, Р. Г. Большин, М. Г. Краснолуцкая // Вестник НГИЭИ. – 2022. – № 10(137). – С. 68-80. – DOI 10.24412/2227-9407-2022-10-68-80. – EDN CBPVWW.
9. Широбокова, Т. А. Оценка надежности электроснабжения с применением реклоузеров на примере фидера 10 кв / Т. А. Широбокова, Л. А. Шувалова, И. А. Кибардин // Инженерное обеспечение инновационного развития агропромышленного комплекса России: Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти кандидата технических наук, доцента Виталия Александровича Носкова, Ижевск, 20 декабря 2022 года. – Ижевск: Удмуртский государственный аграрный университет, 2022. – С. 104-113. – EDN HRGWVG.
10. Широбокова, Т. А. Повышение надежности электроснабжения комплексных трансформаторных подстанций 6/0,4 КВ / Т. А. Широбокова, И. Г. Поспелова, С. А. Данилов // Современные энергетические аспекты развития аграрной сферы: Материалы Национальной научно-практической конференции с международным участием, Ижевск, 19 декабря 2024 года. – Ижевск: Удмуртский государственный аграрный университет, 2024. – С. 262-267. – EDN QQCQRU.

Научная статья

УДК 621.432/004.932

В.К. Корнеева, В.М. Капцевич, А.И. Цымбалюк, А.В. Макаревич

Белорусский государственный аграрный технический университет, Беларусь

ОЦЕНКА ЗОН МАСЛЯНОГО ПЯТНА НА ХРОМАТОГРАММАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛАГИНА *RADIAL PROFILE* ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА *IMAGEJ*

Аннотация. Предложен метод оценки зон масляного пятна на хроматограммах моторного масла с использованием плагина *Radial Profile* программного комплекса *ImageJ*. Традиционные органолептические методы оценки размеров и интенсивности окраски зон заменяются объективным количественным анализом: плагин строит профиль нормализованных интегрированных интенсивностей по радиусу, определяя границы зон и их калиброванные размеры. Приведены примеры анализа моторного масла Лукойл Авангард 10W40 с различной наработкой, демонстрирующие изменения интенсивности и возможность перевода в балльные шкалы. Преимущества методики: минимизация субъективных ошибок, сравнимость профилей разных образцов, интеграция с другими методами и автоматизация.

Ключевые слова: моторное масло, хроматограмма, кольцевые зоны, *ImageJ*, *Radial Profile*, количественная оценка, интенсивность окраски, размеры зон.

V.K. Korneeva, V.M. Kaptsevich, A.I. Tsymbalyuk, A.V. Makarevich

Belarusian State Agrarian Technical University, Belarus

EVALUATION OF OIL SPOT ZONES ON CHROMATOGRAMS USING THE RADIAL PROFILE PLUGIN OF THE IMAGEJ SOFTWARE PACKAGE

Annotation. A method for assessing oil slick zones in motor oil chromatograms is proposed using the Radial Profile plugin of the ImageJ software package. Traditional organoleptic methods for assessing zone size and color intensity are replaced by objective quantitative analysis: the plugin constructs a profile of normalized integrated intensities along the radius, determining zone boundaries and their calibrated sizes. Examples of analysis of Lukoil Avangard 10W40 motor oil with varying mileage are provided, demonstrating intensity changes and the possibility of converting them to point scales. Advantages of the method include minimizing subjective errors,

comparability of profiles across different samples, integration with other methods, and automation.

Keywords: motor oil, chromatogram, ring zones, ImageJ, Radial Profile, quantitative assessment, color intensity, zone sizes.

Капельная проба является одним из наиболее доступных и информативных методов экспресс-диагностики состояния моторного масла [1–3]. Ее уникальное преимущество заключается в том, что, в отличие от стандартных лабораторных методов анализа (спектрометрия, хроматография, ИК-спектроскопия), она не требует сложного оборудования и может быть выполнена в любых условиях эксплуатации техники. При этом визуальная структура сформированного пятна на фильтровальной бумаге несет важную информацию о физических и химических процессах, протекающих в смазочном материале.

Характерные зоны масляного пятна (хроматограммы) – ядро, его кольцевая зона, диффузионная зона и зона чистого масла и топлива – представляют собой результат фильтрационного разделения продуктов деструкции масла в пористой среде бумаги [4]. Их морфология и относительные размеры зависят от степени деградации масла, наличия механических примесей, сажи, шлама, продуктов термоокислительной деструкции. Таким образом, метод позволяет получить интегральный «отпечаток состояния» масла, отражающий как физический износ смазочного материала, так и эффективность его работы в двигателе.

Анализ хроматограммы заключается, во-первых, в определении размеров кольцевых зон (ядра и его краевой зоны, диффузионной зоны, зоны воды, зоны чистого масла и топлива), и, во-вторых, в оценке интенсивности их окрашивания, что позволяет судить о диспергирующей способности моторного масла, степени его окисления, а также загрязненности механическими примесями, водой и топливом. Традиционно оценка этих показателей (размеров и интенсивности окрашивания кольцевых зон) осуществляется посредством ручного измерения и анализа цвета органолептическим методом [4].

Современный этап развития цифровых технологий и автоматизации экспериментов характеризуется большими возможностями для обработки экспериментальных данных, предусматривающей использование различных программных инструментов. Одним из таких инструментов является находящий в открытом доступе программный комплекс *ImageJ* [5], первоначально созданный для анализа цифровых изображений в биологии и медицине, а в настоящее время применяемый для решения технических задач, в том числе, с использованием различных плагинов.

В работе [6] предложен новый методический подход колориметрического метода определения интенсивности окраски кольцевых зон хроматограммы, основанный на использовании программного комплекса *ImageJ*. Подход заключается в калибровке балльных шкал ядра и диффузионной зоны, предложенных Г. Хорстмайером [3], и непосредственной количественной оценке экспериментальных результатов по цифровым изображениям хроматограмм моторного масла. Однако, данный подход, во-первых, не предусматривает определение размеров кольцевых зон на хроматограмме и, во-вторых, требует ручного выделения областей ядра и диффузионной зоны и оценки интенсивности их окрашивания.

Для устранения вышеприведенных недостатков при анализе хроматограмм моторного масла предложено использовать плагин *Radial Profile* программного комплекса *ImageJ*, позволяющий построить профиль нормализованных интегрированных интенсивностей вокруг концентрических окружностей в зависимости от расстояния от точки на изображении. Интенсивность на любом заданном расстоянии от точки представляет собой сумму значений пикселей по окружности. Центр этой окружности находится в точке, а расстояние от нее – в радиусе. Интегрированная интенсивность делится на количество пикселей в окружности, которая также является частью изображения, что дает нормализованные сопоставимые значения.

При анализе хроматограммы масляного пятна плагин *Radial Profile* позволяет получить объективный профиль изменения интенсивности окраски кольцевых зон, а также определить их размеры.

Для доказательства возможности использования этого плагина при анализе хроматограмм выбраны моторные масла марки Лукойл Авангард 10W40 с наработкой 33, 88 и 250 ч. В таблице представлены цифровые изображения хроматограмм рассматриваемых масел и их графические зависимости нормализованной интегрированной интенсивности, полученные при помощи плагина *Radial Profile*.

Анализ цифровых изображений и полученных графических зависимостей показывает заметные изменения в интенсивности окраски кольцевых зон, что позволяет определить их границы и оценить размеры. Пример установления границ зон и оценка их размеров для моторного масла с наработкой 33 ч представлен на рисунке 1.

Таблица

Изменение нормализованной интегрированной интенсивности окрашивания зон масляных пятен моторного масла с различной наработкой τ

$\tau, \text{ч}$	33	88	250
Хроматограммы			
Интегрированная интенсивность			

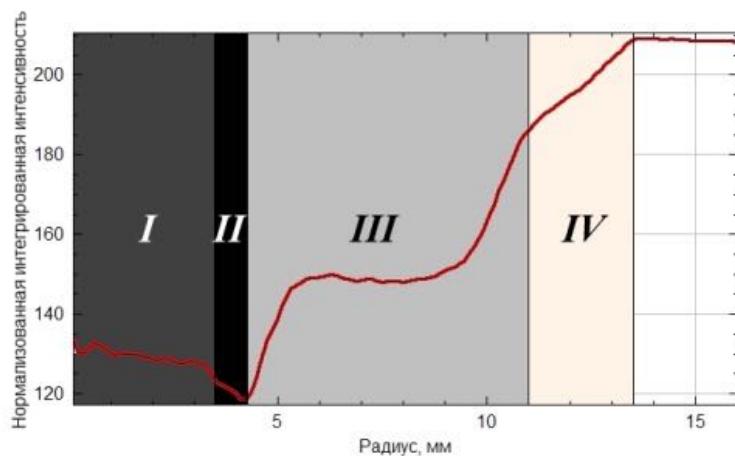


Рисунок 1. Оценка размеров кольцевых зон масляного пятна: I – ядро (радиус 3,5 мм); II – кольцевая зона ядра (радиус 4 мм); III – диффузационная зона (радиус 11 мм); IV – зона чистого масла и топлива (радиус 13,5 мм)

Плагин позволяет также сравнивать изменение интенсивностей окраски масляных пятен при различной наработке моторных масел путем представления их на одной координатной плоскости (рисунок 2).

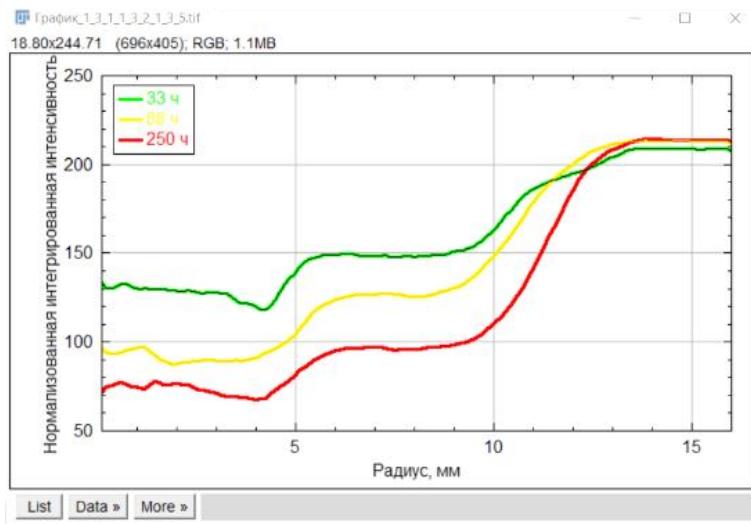


Рисунок 2. Графики изменения интенсивностей окраски масляных пятен при различной наработке моторных масел

Важным преимуществом плагина, помимо построения графических зависимостей, является возможность получения численных значений изменения интенсивности окраски в радиальном направлении от 0 (центр пятна) через каждые 0,12 мм (1 пиксель). Это позволяет осуществлять перевод значений интенсивности окраски ядра и диффузационной зоны в баллы шкал Г. Хорстмейера, используя графические и функциональные зависимости, полученные нами в работе [6]. На рисунке 3 представлена балльная оценка ядра и диффузационной зоны для моторных масел с различной наработкой.

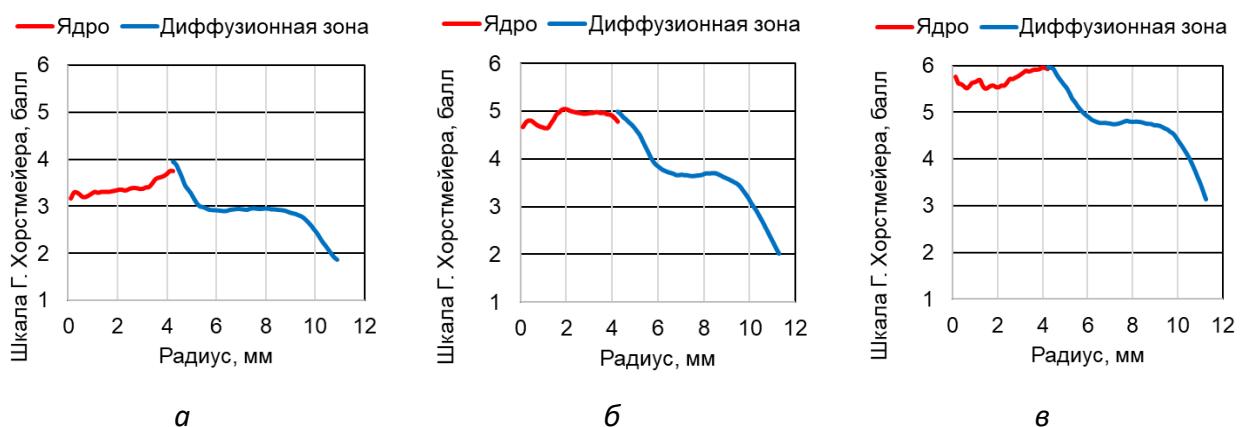


Рисунок 3. Балльная оценка интенсивности окраски зон масляного пятна моторных масел с различной наработкой: а – 33 ч; б – 88 ч; в – 250 ч

В заключении следует сказать, что использование плагина *Radial Profile* в программе *ImageJ* для анализа масляных пятен предоставляет ряд значительных преимуществ, способствующих повышению точности и эффективности мониторинга состояния моторных масел. Во-первых, плагин обеспечивает переход от субъективной визуальной оценки к объективному

количественному анализу, позволяя получать численные значения распределения интенсивности по радиусу пятна, такие как нормализованная интегрированная плотность и калиброванные размеры зон (в мм или других единицах). Это минимизирует ошибки, связанные с человеческим фактором, и повышает воспроизводимость результатов. Во-вторых, нормализация данных делает возможным сравнение профилей от разных образцов масла, независимо от условий съемки или освещения, что особенно полезно для мониторинга старения в динамике (например, при удлиненных интервалах замены масла). В-третьих, как часть бесплатного открытого программного комплекса *ImageJ*, плагин доступен, интегрируется с другими методами анализа и может быть автоматизирован через макросы, способствуя оптимизации процессов в лабораториях и непосредственно в условиях организаций АПК. Таким образом, внедрение этого инструмента не только позволит повысить надежность диагностики, но и будет способствовать экономии ресурсов за счет предотвращения преждевременных поломок сельскохозяйственной техники.

Список использованной литературы.

1. Standard Test Method for Measuring the Merit of Dispersancy of In-Service Engine Oils with Blotter Spot Method: ASTM D7899-19. – ASTM International, West Conshohocken, PA, 2019. – 7 р.
2. Остриков, В.В. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости: учебное пособие / В.В. Остриков, С.А. Нагорнов, О.А. Клейменов, В.Д. Прохоренков, И.М. Курочкин, А.О. Хренников, Д.В. Доровских. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 304 с.
3. Способ и устройство для анализа масел и технических рабочих жидкостей и для квалифицированной оценки рабочих состояний элементов: пат. RU 2 649 095: МПК G 01 N 21/29 / Г. Хорстмайер. – Заявл. 11.09.14; опубл. 29.03.2018.
4. Капцевич, В.М. Экспресс-методы контроля свойств моторного масла автотракторных двигателей внутреннего сгорания в условиях организаций агропромышленного комплекса / В.М. Капцевич, С.К. Карпович, В.К. Корнеева, И.В. Закревский. – Минск: БГАТУ, 2023. – 120 с.
5. Ferreira, T. *ImageJ user guide /Fiji 1.46* / T. Ferreira, W. Rasband. – 2012. – 198 р.
6. Корнеева, В.К. Методы оценки экспериментальных результатов экспресс-тестирования моторных масел, основанные на использовании программного комплекса *ImageJ*. Часть 1. Колориметрические методы / В.К. Корнеева, В.М. Капцевич // Агропанорама. – 2024. – № 6. – С. 29-36.

ДИАГНОСТИКА И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА

Научная статья

УДК 631.363.5

Ю.В. Комаров¹, С.Ю. Кусмарцев¹, И.Ю. Тюрин^{1,2}, Н.В. Хитрова³

¹Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

²Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов, Россия

³ Саратовское высшее артиллерийское командное училище, г. Саратов, Россия

ДИАГНОСТИКА ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ ПО ТЕМПЕРАТУРЕ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ.

Аннотация. Для достижения высокой эффективности в процессе технического обслуживания машин и оборудования необходимо разработать и внедрить простую, но в то же время точную методику диагностики как отдельных агрегатов, так и целых систем. В частности, бесперебойная работа топливной системы является важнейшим фактором, обеспечивающим надежную эксплуатацию дизельных двигателей. Использование пьезометрических датчиков для измерения температуры выхлопных газов позволяет значительно ускорить процесс диагностики двигателя. Это дает возможность быстро определить, какой из цилиндров работает неправильно, без необходимости разбирать сам агрегат.

Ключевые слова: диагностика, топливная система, двигатель, датчик, выхлопной газ, температура.

Yu. V. Komarov¹, S. Yu. Kusmartsev¹, I. Yu. Tyurin^{1,2}, N. V. Khitrova³

¹ Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov, Saratov, Russia

² Yuri Gagarin Saratov State Technical University, Saratov, Russia

³ Saratov Higher Artillery Command School, Saratov, Russia

DIAGNOSTICS OF FUEL EQUIPMENT BY EXHAUST GAS TEMPERATURE

Annotation. To achieve high efficiency in the maintenance of machinery and equipment, it is necessary to develop and implement a simple but at the same time accurate diagnostic procedure for both individual units and entire systems. In particular, the uninterrupted operation of the fuel system is the most important factor ensuring reliable operation of diesel engines. The use of piezometric sensors to measure exhaust gas temperature can significantly speed up the process of engine diagnostics. This makes it possible to quickly determine which cylinder is not working properly, without having to disassemble the unit itself.

Keywords: diagnostics, fuel system, engine, sensor, exhaust gas, temperature.

Введение. Для эффективной эксплуатации машинно-тракторного парка крайне важно иметь точную и достоверную информацию о состоянии всех систем и агрегатов. В современных условиях разрабатываются и внедряются новые высокотехнологичные методы диагностики, которые позволяют более точно оценивать техническое состояние техники [1-8]. В частности, при создании новых диагностических систем для дизельных двигателей особое внимание уделяется работе топливной аппаратуры, что связано с двумя основными причинами.

Во-первых, от качественной и корректной настройки топливной аппаратуры зависит множество ключевых характеристик процесса сгорания. Это включает в себя такие параметры, как момент воспламенения топлива в цилиндре, а также качество его последующего сгорания. Неправильная настройка может привести к снижению эффективности работы двигателя и увеличению выбросов вредных веществ [9-10].

Во-вторых, многочисленные исследования и многолетний опыт эксплуатации показывают, что значительная доля отказов в работе сельскохозяйственной техники связана именно с неисправностями топливной аппаратуры. В зависимости от типа двигателя, его рабочей нагрузки и конструкции, процент неисправностей, связанных с топливной аппаратурой, может варьироваться от 15 до 35%. Это подчеркивает важность диагностики и ремонта именно этой части двигателя [9-10].

Методика исследований: Современные методы ремонта дизельных двигателей выдвигают определенные требования к диагностическим системам. Прежде всего, это универсальность диагностического оборудования, которое должно быть применимо к различным типам двигателей. Кроме того, важно, чтобы оборудование было простым в использовании и позволяло проводить диагностику в различных режимах работы двигателя, включая частичные нагрузки и холостой ход.

В настоящее время в эксплуатации машинно-тракторного парка активно применяются новые диагностические методы, которые помогают определить техническое состояние топливной аппаратуры дизельных двигателей [5,6]. Эти методы основаны на использовании современных технологий и оборудования, что позволяет значительно повысить точность диагностики и сократить время на выявление неисправностей.

Результаты исследований: Одним из наиболее перспективных направлений в этой области является использование пьезометрических датчиков, которые позволяют измерять температуру выхлопных газов [9-10]. Эти датчики обеспечивают высокую точность измерений и позволяют быстро получать информацию о состоянии двигателя. Например, изменение температуры выхлопных газов может указывать на проблемы с сгоранием топлива в определенном цилиндре. Это позволяет диагностировать неисправности без необходимости разборки двигателя, что значительно упрощает процесс обслуживания и ремонта.

Кроме того, современные диагностические системы могут интегрироваться с компьютерными технологиями, что позволяет осуществлять мониторинг состояния двигателя в режиме реального времени. Это создает возможность для оперативного реагирования на возникающие проблемы и предотвращения серьезных поломок.

Также стоит отметить, что разработка новых методов диагностики и ремонта дизельных двигателей требует постоянного обновления знаний и навыков специалистов. Важно, чтобы работники, занимающиеся обслуживанием и ремонтом техники, были знакомы с современными технологиями и методами диагностики, а также умели применять их на практике.

Заключение: Таким образом, для достижения высокой эффективности и надежности работы дизельных двигателей необходимо внедрение современных методов диагностики, которые позволяют своевременно выявлять и устранять неисправности в топливной аппаратуре. Это не только повысит общую производительность машинно-тракторного парка, но и сократит затраты на его обслуживание, что является важным фактором в условиях современного сельского хозяйства.

В заключение, можно сказать, что диагностика топливной системы дизельных двигателей — это сложный, но важный процесс, который требует применения современных технологий и методов. Только с их помощью можно обеспечить надежную и эффективную работу техники, что в свою очередь будет способствовать успешной деятельности в аграрном секторе.

Список использованной литературы.

1. Влияние изменения технологических мер хранения машин на поддержание их работоспособности / И. Ю. Тюрин, Ю. В. Комаров, Д. В. Гамаюнов [и др.] // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы Национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 01 декабря 2022 года. – Майский: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2023. – С. 54-56. – EDN HAGNIY.
2. Пути повышения эффективности эксплуатации автотракторных дизелей в условиях низких температур / Е. А. Потапов, И. Ю. Тюрин, А. А. Мартюшев [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2023. – № 2. – С. 139-141. – DOI 10.28983/asj.y2022i2pp139-141. – EDN HWFDDS.
3. Состояние работ, связанных с хранением сельскохозяйственных машин в условиях малых и фермерских хозяйств / И. Ю. Тюрин, Д. В. Гамаюнов, А. А. Лушников [и др.] // Профессия инженер : Сборник статей X Всероссийской молодежной научно-практической конференции "Профессия инженер", посвящённой 40-летию факультета агротехники и энергообеспечения, Орел, 07 апреля 2022 года. – Орел: Орловский государственный аграрный университет им. Н. В. Парахина, 2022. – С. 123-127. – EDN OMLEI.
4. Клименков, И. А. Совершенствование оборудования материально-технической базы предприятий АПК / И. А. Клименков, П. А. Юдин // Технологии, машины и оборудование в сельском хозяйстве : Материалы студенческой научно-практической конференции, Самара, 18 декабря 2020 года. – Самара: Самарский государственный аграрный университет, 2021. – С. 121-124. – EDN JPKNBF.
5. Шарашов, А. Д. Совершенствование методов и средств диагностирования при инструментальном контроле автотракторной техники / А. Д. Шарашов, М. Д. Шарашов // Технологии, машины и оборудование в сельском хозяйстве : Материалы студенческой научно-практической конференции, Самара, 18 декабря 2020 года. – Самара: Самарский государственный аграрный университет, 2021. – С. 64-69. – EDN CIGDBN.
6. Гамаюнов, Д. В. Определение входных и выходных параметров для экспериментальных исследований при инструментальном контроле / Д. В. Гамаюнов, П. А. Юдин // Технологии, машины и оборудование в сельском хозяйстве : Материалы студенческой научно-практической конференции, Самара, 18 декабря 2020 года. – Самара: Самарский государственный аграрный университет, 2021. – С. 69-71. – EDN ODQRZG.
7. Перспективы системы цифрового сельского хозяйства в плане интеграции в нее системы планово-предупредительного ТО и ремонта машинно-тракторного парка / И. Ю. Тюрин, Г. В. Левченко, М. В. Ерюшев [и др.] //

Аграрный научный журнал. – 2021. – № 1. – С. 90-92. – DOI 10.28983/asj.y2021i1pp90-92. – EDN RSJAOJ.

8. Тюрин, И. Ю. Пути повышения ресурса дизельных двигателей сельскохозяйственного назначения / И. Ю. Тюрин, Н. В. Хитрова, М. Д. Шарашов // Наука и образование: достижения и перспективы : Материалы III Международной научно-практической конференции, Саратов, 29–30 мая 2020 года. – Саратов: Саратовский филиал Самарского государственного университета путей сообщения, 2020. – С. 28-33. – EDN ZKEZHX.
9. Анализ состояния и оснащенности ремонтной базы / И. Ю. Тюрин, Д. В. Гамаюнов, П. А. Юдин [и др.] // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы : Материалы Международной научно-практической конференции, Саранск, 25–26 ноября 2020 года / Редколлегия: П.В. Сенин [и др.], сост. С.Е. Федоров, отв. за выпуск В.Ф. Купряшкин. – Саранск: Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, 2020. – С. 84-88. – EDN XXVLLR.
10. Переносное устройство диагностирования топливной аппаратуры дизелей. Режим доступа: <http://dta-transport.ru/desta.html>

Научная статья
УДК 629.081

Ю.В. Комаров¹, А.А. Слюняев¹, И.Ю. Тюрин^{1,2}, Н.В. Хитрова³

¹Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

²Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов, Россия

³ Саратовское высшее артиллерийское командное училище, г. Саратов, Россия

АНАЛИЗ ОТКАЗОВ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Аннотация. В статье приведен анализ работы двигателей сельскохозяйственной техники, основные неисправности, виды и причины их отказов при работе. Несмотря на то, что для каждого трактора или марки тракторов характерны свои типичные причины отказов, можно определить статистически наиболее частые причины выхода тракторов из работоспособного состояния по группам агрегатов. Поэтому, для повышения надежности и долговечности сельскохозяйственной техники необходимо не только понимать типичные неисправности, но и активно проводить профилактические меры. Регулярное техническое обслуживание, использование качественных запасных частей и следование рекомендациям производителей помогут минимизировать риск возникновения поломок и обеспечат бесперебойную работу машин в условиях интенсивной эксплуатации.

Ключевые слова: дизель, двигатель, техника, отказ, машина, износ.

Yu.V. Komarov¹, A.A. Slyunyaev¹, I.Y. Tyurin^{1,2}, N.V. Khitrova³

¹ Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov, Saratov, Russia

² Yuri Gagarin Saratov State Technical University, Saratov, Russia

³ Saratov Higher Artillery Command School, Saratov, Russia

ANALYSIS OF DIESEL ENGINE FAILURES

Annotation. The article provides an analysis of the operation of agricultural machinery engines, the main malfunctions, types and causes of their failures during operation. Despite the fact that each tractor or tractor brand has its own typical causes of failures, it is possible to determine statistically the most common causes of tractors out of working condition by groups of units. Therefore, in order to increase the reliability and

durability of agricultural machinery, it is necessary not only to understand typical malfunctions, but also to actively take preventive measures. Regular maintenance, the use of high-quality spare parts and following manufacturers' recommendations will help minimize the risk of breakdowns and ensure the smooth operation of machines in conditions of intensive operation.

Keywords: diesel, engine, machinery, failure, machine, wear.

Введение. Одной из наиболее распространенных проблем является перегрев двигателя. Это может происходить по нескольким причинам: недостаток охлаждающей жидкости, неисправность термостата или радиатора, а также засорение системы охлаждения. Перегрев приводит к серьезным повреждениям, таким как деформация головки блока цилиндров или повреждение поршней, что влечет за собой дорогостоящий ремонт.

Другой частой неисправностью является износ поршневой группы. Со временем поршни и цилиндры подвергаются значительному износу, что приводит к снижению компрессии и, как следствие, потере мощности двигателя. Основные причины этого износа включают использование некачественного топлива, недостаточное смазывание и несвоевременную замену масла. Для предотвращения таких проблем необходимо регулярно проводить техническое обслуживание и следить за состоянием масла.

Не менее важной является проблема с системой впрыска. Неправильная работа форсунок может привести к неравномерному распылению топлива, что ухудшает процесс сгорания и повышает расход топлива. Основные причины неисправностей в системе впрыска включают загрязнение топливного фильтра, неправильную настройку системы и использование некачественного топлива. Регулярная диагностика и чистка системы впрыска помогут избежать серьезных проблем.

Методика исследований: Дизельные двигатели, используемые в тракторной технике для сельского хозяйства, представляют собой сложные технические устройства, которые требуют внимательного подхода к их эксплуатации и обслуживанию. Надежность этих двигателей, а также их наработка на отказ, в значительной степени зависит от качества и устойчивости отдельных узлов и агрегатов, из которых они состоят. Исследования показывают, что до 50% всех основных неисправностей и отказов, возникающих в тракторной технике, связаны именно с двигателем. Более того, устранение этих неисправностей может занимать до 40% общего времени, необходимого для ремонта всех систем машины [9]. Несмотря на то что каждый вид трактора и каждая его модель могут иметь свои специфические причины отказов, можно выделить статистически значимые группы причин, которые чаще всего приводят

к выходу техники из строя. В частности, для дизельных двигателей тракторов наиболее критичными являются отказы, связанные с системой питания и цилиндропоршневой группой (ЦПГ). Исследования показывают, что от 25% до 30% всех отказов двигателей происходит из-за проблем с топливоподающей аппаратурой (ТА). В некоторых работах, например, в исследовании, проведенном в [5], отмечается, что доля отказов ТА может достигать 37%, в то время как на цилиндропоршневую группу приходится до 67% отказов. Однако авторы некоторых исследований, таких как [1], не предоставляют четкой информации о том, откуда были получены эти данные, что затрудняет их сравнение с результатами других авторов. С другой стороны, работа [10] утверждает, что доля отказов ТА может составлять до 45% от общего числа отказов, тогда как доля отказов ЦПГ — до 20%. Эти цифры подчеркивают важность анализа каждого из узлов в отдельности, поскольку они играют ключевую роль в общей надежности и работоспособности двигателя. Исследования, проведенные ГНУ ГОСНИТИ Россельхозакадемии [8], также подтверждают, что износ цилиндропоршневой группы является одним из наиболее значимых факторов, оказывающих влияние на надежную работу двигателя. Подобные выводы содержатся и в других исследованиях, например, в работе [4], где также рассматривается влияние износа ЦПГ на долговечность двигателя. Согласно некоторым данным, доля отказов цилиндропоршневой группы может достигать 34% — 43% для дизельных двигателей, используемых в транспортных целях [7]. Таким образом, можно сделать вывод, что доля отказов ЦПГ действительно составляет около 20% — 25% от общего числа отказов дизельных двигателей, применяемых в сельском хозяйстве. Это подчеркивает важность оценки технического состояния как цилиндропоршневой группы, так и системы топливоподачи, поскольку ресурс ЦПГ непосредственно определяет срок службы двигателя до его капитального ремонта (рис. 1).

Для обеспечения надежной работы тракторной техники необходимо регулярно проводить диагностику и техническое обслуживание как системы питания, так и цилиндропоршневой группы. Это позволит не только продлить срок службы двигателя, но и снизить вероятность возникновения серьезных неисправностей, которые могут привести к длительным простоям техники и значительным финансовым затратам на ремонт. Важно отметить, что профилактические меры, такие как замена фильтров, контроль за



Рисунок: 1 – Основные причины: отказов двигателей: вследствие нарушения: функционирования деталей: цилиндропоршневой группы

качеством топлива и регулярная проверка состояния ЦПГ, могут существенно повысить надежность работы дизельного двигателя. Дизельные двигатели, используемые в тракторной технике для сельского хозяйства, представляют собой сложные технические устройства, которые требуют внимательного подхода к их эксплуатации и обслуживанию. Надежность этих двигателей, а также их наработка на отказ, в значительной степени зависит от качества и устойчивости отдельных узлов и агрегатов, из которых они состоят. Исследования показывают, что до 50% всех основных неисправностей и отказов, возникающих в тракторной технике, связаны именно с двигателем. Более того, устранение этих неисправностей может занимать до 40% общего времени, необходимого для ремонта всех систем машины.

Результаты исследований: Несмотря на то что каждый вид трактора и каждая его модель могут иметь свои специфические причины отказов, можно выделить статистически значимые группы причин, которые чаще всего приводят к выходу техники из строя. В частности, для дизельных двигателей тракторов наиболее критичными являются отказы, связанные с системой питания и цилиндропоршневой группой (ЦПГ). Исследования показывают, что от 25% до 30% всех отказов двигателей происходит из-за проблем с топливоподающей аппаратурой (ТА). В некоторых работах, например, в исследовании, проведенном в [6], отмечается, что доля отказов ТА может достигать 37%, в то время как на цилиндропоршневую группу приходится до 67% отказов. Однако

авторы некоторых исследований, таких как [1-3], не предоставляют четкой информации о том, откуда были получены эти данные, что затрудняет их сравнение с результатами других авторов (рис 2).

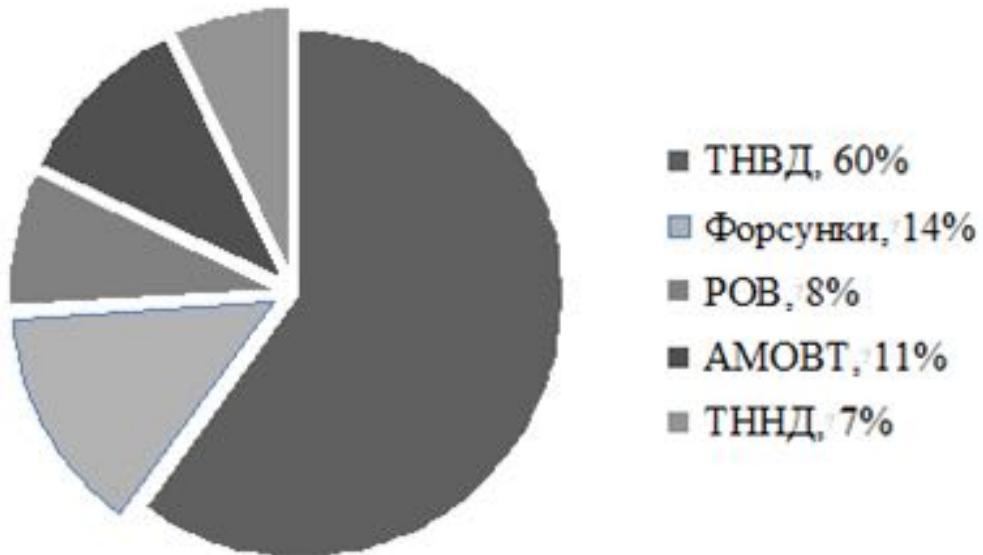


Рисунок: 2: –: Основные: причины: отказов: дизельных: двигателей: вследствие: нарушения: функционирования: узлов: топливной: аппаратуры

С другой стороны, работа [10] утверждает, что доля отказов ТА может составлять до 45% от общего числа отказов, тогда как доля отказов ЦПГ — до 20%. Эти цифры подчеркивают важность анализа каждого из узлов в отдельности, поскольку они играют ключевую роль в общей надежности и работоспособности двигателя. Исследования, проведенные ГНУ ГОСНИТИ Россельхозакадемии [8], также подтверждают, что износ цилиндропоршневой группы является одним из наиболее значимых факторов, оказывающих влияние на надежную работу двигателя. Подобные выводы содержатся и в других исследованиях, например, в работе [10], где также рассматривается влияние износа ЦПГ на долговечность двигателя.

Согласно некоторым данным, доля отказов цилиндропоршневой группы может достигать 34% — 43% для дизельных двигателей, используемых в транспортных целях [7]. Таким образом, можно сделать вывод, что доля отказов ЦПГ действительно составляет около 20% — 25% от общего числа отказов дизельных двигателей, применяемых в сельском хозяйстве.

Учитывая важность надежности дизельных двигателей, необходимо акцентировать внимание на профилактическом обслуживании и регулярной диагностике. Это включает в себя не только замену масла и фильтров, но и детальную проверку состояния всех узлов, особенно тех, которые подвержены наибольшему износу. Например, регулярная проверка состояния поршней, колец и цилиндров может значительно снизить риск серьезных поломок. Также стоит

отметить, что использование качественного топлива и добавок может помочь в снижении образования отложений и улучшении работы системы питания.

Кроме того, важно учитывать влияние условий эксплуатации на надежность двигателей. Работа в сложных условиях, таких как высокая запыленность или повышенная влажность, может ускорить износ компонентов. Поэтому аграриям стоит задуматься о внедрении современных технологий, таких как системы мониторинга состояния техники в реальном времени, что позволит оперативно реагировать на возникающие проблемы и предотвращать их развитие.

Дизельные двигатели тракторов — это ключевой элемент в сельскохозяйственном производстве, и их надежность напрямую влияет на эффективность работы всей техники. Поэтому комплексный подход к их обслуживанию и эксплуатации, основанный на анализе причин отказов, может значительно повысить долговечность и производительность тракторов, что в свою очередь окажет положительное влияние на результаты сельскохозяйственной деятельности в целом.

Также стоит учитывать, что в процессе эксплуатации тракторов в сельском хозяйстве на их работу могут влиять различные внешние факторы, такие как условия работы, качество топлива и режимы эксплуатации. Например, работа в условиях повышенной запыленности или при низких температурах может негативно сказаться на состоянии двигателя и его узлов. Поэтому важно не только следить за техническим состоянием агрегатов, но и учитывать условия, в которых они работают.

Заключение. Дизельные двигатели тракторной техники имеют сложную структуру и требуют внимательного подхода к их обслуживанию. Понимание основных причин отказов и регулярный мониторинг состояния ключевых узлов, таких как цилиндропоршневая группа и система питания, помогут значительно повысить надежность и долговечность работы тракторов в сельском хозяйстве.

Список использованной литературы.

1. Баралевич В.Г., Еримичой И.Н., Панов Л.И. Вибраакустическая диагностика автомобильных двигателей внутреннего сгорания / Современные информационные и электронные технологии. Одесса: Политехпериодика, 2015.:С. 133–134.
2. Габдрахиков Ф.З. Повышение эксплуатационных показателей машинно-тракторных агрегатов посредством разработки технологических приемов улучшения равномерности топливоподачи в их дизелях // Автореферат

диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук // Санкт- Петербург, 2004.

3. Габитов И.И., Грехов Л.В., Неговора А.В Техническое обслуживание и диагностика топливной аппаратуры автотракторных дизелей / Москва: Легион- Автодата, 2008. 248 с.
4. Кузнецов Д.В. Повышение надежности цилиндропоршневой группы автотракторных двигателей. Мордовский ГУ им. Н.П. Огарева, 186 с.
5. Лепешкин Д.И. Улучшение показателей дизеля в условиях эксплуатации повышением стабильности работы топливной аппаратуры. / Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия, 2015. 19 с.
6. Малышев А.А., Капырин М.В. Износ газораспределительного механизма КамАЗ-740/: Автомобильный транспорт. –1987. –№4. –С.38-40.
7. Молодан А.А. Повышение точности оценки технического состояния цилиндропоршневой группы разделением потоков картерных газов / Труды Таврического государственного агротехнологического университета № 11. 2011, С. 292–303.
8. Николаев Е.В. Оптимизация режимов диагностирования двигателей по параметрам картерных газов / Агро XXI. 2012. № 10-12. С. 45–48.
9. Николаев Е.В. Совершенствование технологии диагностирования цилиндропоршневой группы дизельного двигателя по параметрам картерных газов. ГНУ ГОСНИТИ Россельхозакадемии, 2013. 17 с.
10. Сафонов А.В. Теоретические предпосылки к разработке нового способа диагностики цилиндропоршневой группы двигателей внутреннего сгорания по давлению картерных газов // Новейшие направления развития аграрной науки в работах молодых ученых труды V Международной научно-практической конференции молодых ученых. Краснообск: Российская академия сельскохозяйственных наук, 2012. С. 42–46.

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Научная статья

УДК 339.13.012

Р.Г. Большин

МИРЭА - Российский технологический университет, г. Москва, Россия

Н.П. Кондратьева

Удмуртский государственный аграрный университет, г. Ижевск, Россия

УПРАВЛЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТЬЮ КРС СВЕТОДИОДНОЙ СИСТЕМОЙ ОСВЕЩЕНИЯ

Аннотация: Современная светодиодная система освещения животноводческих помещений для КРС с возможностью моделирования «рассвета и заката», грамотно подобранным спектром, учитывающим спектральную чувствительность глаза животных, окупается не только за счет экономии электроэнергии, но и за счет повышения продуктивности. В статье рассматривается пример управления продуктивностью животных светодиодной системой освещения с резонансной системой электропитания.

Ключевые слова: светодиодная система освещения, спектральная чувствительность глаза КРС, резонансная система питания LED светильников, управление спектром продуктивностью КРС

R.G. Bolshin

MIREA - Russian Technological University, Moscow, Russia

N.P. Kondrateva

Udmurt State Agrarian University, Izhevsk, Russia

MANAGING CATTLE PRODUCTIVITY WITH LED LIGHTING SYSTEMS

Annotation: A modern LED lighting system for cattle barns, with the ability to simulate sunrise and sunset, and a carefully selected spectrum that considers the spectral sensitivity of the animals' eyes, pays for itself not only through energy savings but also through increased productivity. The article considers an example of animal

productivity control using an LED lighting system with a resonant power supply system.

Keywords: LED lighting system, spectral sensitivity of the cattle eye, resonant power supply system for LED lamps, control of the cattle productivity spectrum

Современная светодиодная система освещения животноводческих помещений для КРС с возможностью моделирования « рассвета и заката», грамотно подобранным спектром, учитывающим спектральную чувствительность глаза коров, окупается не только за счет экономии электроэнергии, но и за счет повышения продуктивности животных. Это яркий пример управления продуктивностью животных светодиодной системой освещения с резонансной системой электропитания.

Спектральная чувствительность глаза коровы существенно отличается от глаза человека [1]. Создание комфортного освещения снижает стресс у животных, что благоприятно сказывается на повышении надоев [2]. Зрение у КРС дихроматное [3], то есть они не различают красный цвет, но лучше видят в сине-фиолетовой (429-439 нм) и желто-зеленой (555 нм) областях спектра, а также хорошо видят в ультрафиолетовом диапазоне (рис. 1). При этом глаз человека не видит излучение УФ-А.

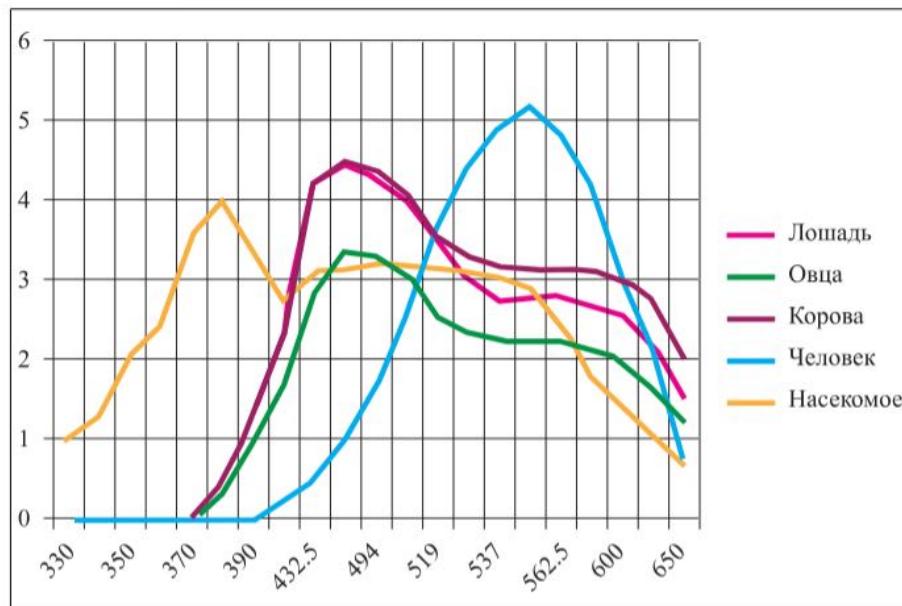


Рисунок 2 Спектральная чувствительность глаза животных, человека, насекомых

Способность видеть в УФ-А позволяет КРС искать траву без загрязнений, так как растения отражают УФ-излучение по-разному [4]. Например, участки травы, помеченные мочой других животных (которая поглощает УФ излучение), выглядят для коровы темными пятнами, и она не ест такую грязную траву.

Чувствительность глаза КРС к излучению УФ-А помогает ориентироваться в условиях тумана или при рассеянном свете.

Формирование спектральной чувствительности глаза КРС связано с эволюционной адаптацией к образу жизни животного. КРС видят мир несколько «размытым», без мелких деталей [1]. Ввиду того, что глаза животного расположены по бокам головы, то КРС обладает почти панорамным обзором (почти 360 градусов). Это необходимо для того, чтобы вовремя заметить хищника. При этом прямо перед мордой и сзади себя имеются «слепые зоны». КРС очень чувствительны к движению, что также является защитным механизмом. В таблице 1 приведено сравнение спектральной чувствительности глаза человека и КРС

Таблица 3

Сравнение спектральной чувствительности глаза человека и КРС

Глаз человека	Глаз КРС
Тип зрения	
Трихроматия (3 типа колбочек)	Дихроматия (2 типа колбочки)
Диапазон видимого оптического излучения	
~380-780 нм	350-650 нм
Восприятие цветов	
красный, оранжевый, желтый, зеленый, синий, фиолетовый	синий, желтый, зеленый. Красный не различают
Ультрафиолетовое зрение	
Нет (хрусталик блокирует УФ-лучи)	Да (видят в УФ-А диапазоне)
Эволюционная причина	
Различать спелые фрукты, социальные сигналы (румянец)	Находить пищу, избегать опасности, ориентироваться в условиях слабой освещенности.

Анализ таблицы 1 показывает, что повысить продуктивность КРС можно:

- 1) при использовании спокойных цветов (синий, зеленый) вместо ярко-красного или белого;
- 2) предпочтительнее вырабатывать у обслуживающего персонала медленные и предсказуемые движения, так как резкие движения и контрастные тени могут пугать животных;
- 3) правильно выбрать цвет важных элементов, например, поилки, ворота, покрасив их в синий или желтый цвет для лучшего восприятия животными.

Для экономии электроэнергии на освещение помещений с КРС необходимо правильно выбрать по спектру светодиодные светильники, так как зрительный анализатор является одним из главных органов чувств у животного, так как от него в мозг поступает около 80% всей информации [1, 5].

Грамотно подобранный спектр излучения LED светильника (холодный белый свет с цветовой температурой 5000-6500 Кельвинов), световой день

длительностью 16-18 час., ночной период 6-8 час., освещенность не менее 150-200 лк могут повысить удои на 5-15% [6]. При этом ночная фаза должна быть действительно темной. Даже небольшой источник света (например, от дежурной лампочки или уличного фонаря) может нарушить выработку мелатонина и снизить эффект. Ночью для дежурного освещения можно использовать красные светодиоды, так как этот цвет меньше всего мешает отдыху животных (не подавляет мелатонин), но позволяет персоналу ориентироваться.

Для животноводческих плавного регулирования освещенности и возможности моделирования «рассвета и заката» предлагается применять резонансную систему питания LED светильников [7]. Исследования Филатова Д.А. и других [6, 8] показали, что хорошее освещение с системой управления, реализующей диммирование светового потока как при рассвете и закате, повышает продуктивность животных на 8-15%.

Отличие резонансной системы от обычного импульсного драйвера заключается в том, что обычные импульсные драйверы (например, широтно-импульсные модуляторы, ШИМ) работают по принципу «включил-выключил» ключевой транзистор. В момент переключения (когда транзистор частично открыт или закрыт) происходят наибольшие потери энергии — он сильно нагревается [8]. В таблице 2 приведены основные преимущества резонансной системы.

Таблица 4

Основные преимущества резонансной системы

Обычный импульсный драйвер	Резонансный драйвер
Принцип работы	
Жесткое переключение (вкл/выкл) ключевых транзисторов	Плавное переключение транзисторов в момент, когда напряжение или ток равны нулю
КПД	
Высокий (85-90%), но есть потери на переключение	Очень высокий (93-98%), так потери на переключение сведены к минимуму
Нагрев	
Значительный, требуется теплоотвод.	Минимальный, что повышает надежность всех компонентов.
Электромагнитные помехи (EMI)	
Высокий уровень помех из-за резких фронтов тока/напряжения	Низкий уровень помех благодаря плавным синусоидальным формам сигнала
Надежность и срок службы	
Хорошая, но высокие температуры и помехи снижают ресурс	Очень высокая, т. к. низкий нагрев — главный фактор долговечности электронных компонентов.
Стоимость	
Ниже	Выше, так как схема сложнее

Использование резонансной системы электропитания позволяет:

- 1) повысить энергоэффективность процесса освещения за счет снижения потребления электроэнергии для создания того же светового потока;
- 2) увеличить время работы светильника за счет того, что низкая рабочая температура драйвера способствует тому, что замедляется процесс «старения» электролитических конденсаторов - самого ненадежного элемента в драйвере;
- 3) уменьшить массо-габаритные размеры радиатора драйвера благодаря высокому КПД и низкому тепловыделению;
- 4) сделать LED светильники нечувствительными к скачкам напряжения в сети ввиду того, что драйверы имеют широкий диапазон входных напряжений [9,10].

Заключение

Таким образом, спектр света — это мощный инструмент управления физиологией коров и их продуктивностью. Резонансная система электропитания — это современная, перспективная технология драйвера для светодиодов, которая за счет использования принципа электронного резонанса обеспечивает максимальный КПД, минимальный нагрев и высокую надежность по сравнению с традиционными схемами. При использовании резонансной системы электропитания первоначальные финансовые затраты окупаются за время эксплуатации системы освещения не только за счет экономии электроэнергии, повышении срока службы светодиодов, но и за счет повышения продуктивности животных.

Список использованной литературы.

1. Пичкур, А. А. Особенности строения зрительного анализатора у домашних животных / А. А. Пичкур, Т. П. Шубина // Инновационные технологии в АПК: теория и практика : Сборник статей XI Международной научно-практической конференции, Пенза, 15–16 марта 2023 года / Под научной редакцией А.А. Галиуллина, В.А. Кошеляева, О.А. Тимошкина. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2023. – С. 197-200. – EDN PNVQNO.
2. Влияние оптического излучения различного спектра на сельскохозяйственных животных / Н. П. Кондратьева, Т. А. Широбокова, Л. А. Шувалова, М. А. Чепкасова // Научно обоснованные технологии интенсификации сельскохозяйственного производства : Материалы Международной научно-практической конференции в 3-ех томах, Ижевск, 14–17 февраля 2017 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Ижевская государственная

сельскохозяйственная академия". Том 1. – Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2017. – С. 265-268. – EDN ZAWAHF.

3. Юфеев, Л. Ю. Энергосберегающее освещение сельскохозяйственных помещений и расчет его параметров / Л. Ю. Юферев // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2021. – Т. 15, № 3. – С. 28-34. – DOI 10.22314/2073-7599-2021-15-3-28-34. – EDN QJELYC.
4. Кондратьева, Н. П. Применение ультрафиолета для предпосевной обработкой семян / Н. П. Кондратьева, В. Ф. Сторчевой, Р. Г. Большин // Агроинженерия. – 2024. – Т. 26, № 5. – С. 59-65. – DOI 10.26897/2687-1149-2024-5-59-65. – EDN DNPKTG.
5. Шувалова, Л. А. Взаимосвязь освещенности с продуктивностью животных и птицы / Л. А. Шувалова, Т. А. Широбокова // Аграрная наука - сельскохозяйственному производству: материалы Международной научно-практической конференции: в 3 томах, Ижевск, 12–15 февраля 2019 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. Том 2. – Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. – С. 290-295. – EDN PUGQHR.
6. Энергоэффективное освещение в молочном скотоводстве / Д. А. Филатов, П. В. Терентьев, Е. А. Авдеева, М. А. Плаксин // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 4(20). – С. 50-57. – EDN VUMGYQ.
7. Стерхова, Т. Н. Система управления освещением производственных помещений в сельском хозяйстве / Т. Н. Стерхова, Т. А. Широбокова // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2022. – Т. 69, № 2(47). – С. 112-116. – DOI 10.22314/2658-4859-2022-69-2-112-116. – EDN TVBTQG.
8. Ходырев, А. И. Опытно-промышленные испытания комплекса оборудования для резонансной однопроводной системы передачи электроэнергии / А. И. Ходырев, Л. Ю. Юферев, О. А. Рощин // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2022. – № 6(132). – С. 5-13. – DOI 10.33285/1999-6934-2022-6(132)-5-13. – EDN BMJZXO.
9. Разработка цифровой системы для автоматического управления параметрами среды с использованием элементов нейросети / Р. Г. Большин, Н. П. Кондратьева, М. Г. Краснолуцкая [и др.] // Тенденции развития науки и образования. – 2024. – № 112-6. – С. 68-72. – DOI 10.18411/trnio-08-2024-300. – EDN YIHMQC.

10. Ovchukova, S. A. Energy saving in lighting technologies of agricultural production / S. A. Ovchukova, N. P. Kondratieva, O. Y. Kovalenko // Light & Engineering. – 2021. – Vol. 29, No. 2. – P. 21-25. – DOI 10.33383/2020-039. – EDN GGTWNC.

Научная статья
УДК 338.47

Д. Н. Гиляжева, С. В. Чумакова, Н. В. Любознова

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ: ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ, ВЛИЯНИЕ НА АПК

Аннотация: В статье проанализированы основные показатели деятельности предприятий энергетической сферы Саратовской области, исследована динамика производства электрического оборудования в регионе, обоснована ключевая роль оснащения электрооборудованием предприятия АПК и предложены направления модернизации.

Ключевые слова: электрическое оборудование, Саратовская область, тенденции развития, АПК

D. N. Gilyazheva, S. V. Chumakova, N. V. Lyubozhnova

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov, Saratov, Russia

PRODUCTION OF ELECTRIC EQUIPMENT IN THE SARATOV REGION: DEVELOPMENT TRENDS AND IMPACT ON THE AGRICULTURAL SECTOR

Annotation: The article analyzes the main indicators of the energy sector enterprises in the Saratov Region, examines the dynamics of the production of electrical equipment in the region, substantiates the key role of equipping agricultural enterprises with electrical equipment, and suggests areas for modernization.

Keywords: electrical equipment, Saratov region, development trends, Agro-industrial complex

В экономике Саратовской области энергетика играет важную роль. Её доля в структуре промышленности совместно с топливным комплексом составляет 45,5%. Кроме того, за счёт её работы обеспечиваются поставки избытков электрической энергии в соседние субъекты РФ.[3]

В современном АПК, способствуя повышению эффективности производства продукции, уменьшению затрат труда и улучшению качества продукции и услуг, электрическое оборудование несет в себе ключевую роль. А именно, электрооборудование используется для освещения теплиц, животноводческих ферм птицефабрик, обеспечивая оптимальные условия содержания животных и растений. Кроме того, обогреватели системы вентиляции позволяют поддерживать необходимую температуру и влажность воздуха, создавая комфортные условия для роста и развития сельскохозяйственных культур.

В России утверждена Схема и программа развития электроэнергетических систем России на 2024-2029 годы, в соответствии с которыми обозначены плановые показатели, а также разнообразные технологии и подходы, направленные на повышение эффективности, надежности и устойчивости энергосбережения Саратовской области.

Для исключения существующих рисков выхода параметров электроэнергетического режима работы энергосистемы за пределы допустимых значений реализованы заходы ВЛ 110 кВ Саратовская ТЭЦ-2 – Саратовская с отпайкой на ПС Трофимовский 2 тяговая на ПС 110 кВ Западная. Для увеличения надежности работы ВЛ, подверженных гололедообразованию, выполнена реконструкция ВЛ 220 кВ Саратовская ГЭС – Кубра с отпайкой на ПС Возрождение с организацией заходов на ПС 220 кВ Возрождение. [2]

В таблице 1 представлена динамика основных показателей деятельности организаций энергетической сферы региона.

Согласно представленным показателям, объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами в 2023 г. по сравнению с 2021 г. повысился в 1,6 раза. Наряду с увеличением стоимости продукции, работ и услуг, произведенных организацией самостоятельно, количество работников незначительно, но снизилось на 0,7 % от уровня 2021 г. Сальдированный финансовый результат характеризуется стабильным ростом, в 2023 г. размер прибыли повысился в 3,5 раза. И, соответственно, уровень рентабельности в 2023 г. повысился на 16,8 процентных пункта.

Таблица 1

Основные показатели работы организаций по виду экономической деятельности «Производство электрического оборудования» в Саратовской области [1]

Показатели	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Отклонение 2023 г. от 2021 г., %
Объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами, млн. руб.	8296,2	12075,5	13552,5	163,4
Среднегодовая численность работников организаций, человек	4838	4570	4804	99,3
Сальдированный финансовый результат (прибыль минус убыток)	645,5	1633,9	2236,6	346,5
Уровень рентабельности проданных товаров, продукции (работ, услуг), %	19,1	41,9	35,9	16,8 п.п.

Итак, показатели стоимости продукции, работ и услуг, произведенных организацией самостоятельно в энергетическом секторе за исследуемый период, имеют тенденцию ежегодного роста, кроме численности работников, что объясняется автоматизацией производства и расширению цифровизации в России.

На рис. 1 представлена динамика производства электрического оборудования в Саратовской области.

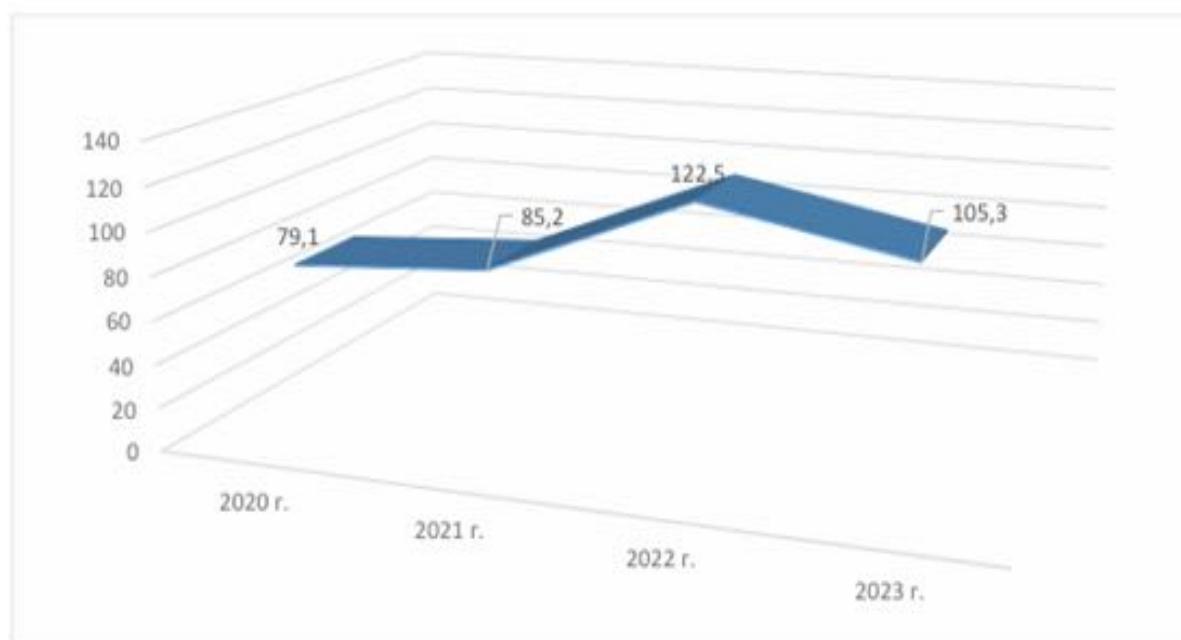


Рисунок 1. Производство электрического оборудования в Саратовской области (в % к предыдущему году)

Наглядно представленные значения показывают свой рост с 2020 г. по 2022 г. В 2023 г. производство электрического оборудования снижается до 105,3 %.

Электрическое оборудование, произведенное в Саратовской области представлено такими товарами как машины электрические и аппаратура специализированные, магниты электрические, муфты и тормоза электромагнитные, захваты подъёмные электромагнитные, ускорители частиц электрические, генераторы сигналов электрические. (табл. 2)

Таблица 2

Динамика изготовления электрического оборудования в Саратовской области

Показатели	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Отклонение 2023 г. от 2021 г., %
Машины электрические и аппаратура специализированные, млн. руб.	332,1	228,7	239,1	72
Оборудование электрическое прочее, не включенное в другие группировки (включая магниты электрические; муфты и тормоза электромагнитные; захваты подъёмные электромагнитные; ускорители частиц электрические; генераторы сигналов электрические), млн. руб.	327,7	229,3	254,2	77,6

Согласно данным таблицы 2, электрическое оборудование в Саратовской области за анализируемый период стали производить значительно меньше. Снижение производства электрического оборудования объясняется уменьшением спроса и финансовой нестабильностью предприятий, особенно предприятий АПК. Однако, работы по оснащению в сфере энергетики в отрасли АПК в незначительных объемах ведутся.

Таким образом, на основе данного исследования, можно отметить, несомненное повышение основных показателей вида экономической деятельности «Производство электрического оборудования», однако отмечается снижение численности работников в данной сфере и показатели производства энергетического оборудования. Необходимо отметить, важную роль оснащения электрооборудованием предприятия АПК, в данной сфере народного хозяйства имеются серьезнейшие еще нерешенные проблемы. Современные фермы необходимо оснастить автоматизированными системами управления микроклиматом, кормлением и водопоем, что позволит значительно снизить затраты ручного труда и повысить производительность.

Для обеспечения устойчивого развития АПК Саратовской области необходимо модернизировать производство электрического оборудования. Основные направления модернизации:

- внедрение современных технологий и оборудования, обеспечивающих повышение энергоэффективности и снижение издержек производства;
- развитие производства энергосберегающего и возобновляемого оборудования;
- создание условий для привлечения инвестиций в развитие производства электрического оборудования;
- развитие кадрового потенциала отрасли путем организации обучения и повышения квалификации специалистов;
- усиление взаимодействия между научными организациями и предприятиями, производящими электрическое оборудование.

Список использованной литературы.

1. САРАТОВСКАЯ ОБЛАСТЬ В ЦИФРАХ – 2023: Краткий статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Саратовской области. Саратов, 2024 – 221 с
2. Энергосистема Саратовской области готова к реализации крупных инвестиционных проектов [Электронный режим доступа] : https://saratov.gov.ru/gov/news/energosistema_saratovskoy_oblasti_gotova_k_realizatsii_krupnykh_investproektorov/
3. Энергетика Саратовской области: текущее состояние и перспективы отрасли [Электронный режим доступа] : <https://energoseti.ru/articles/energetika-saratovskoy-oblasti-tekushchee-sostoyanie-i-perspektivy-otrasli>
4. Энергетики «Саратовских распределительных сетей» обеспечили электроснабжение мехтока и складских помещений в хозяйстве Пугачевского района [Электронный режим доступа]: https://www.minagro.saratov.gov.ru/development/index.php?ELEMENT_ID=12177

Научная статья
УДК 331.453

А.Г. Сагингали, А.С. Ибраев, Г.С. Гумаров

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана,
г. Уральск, Казахстан

ПРАКТИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ УЛУЧШЕНИЯ, АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОХРАНЕ ТРУДА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Аннотация: В статье рассматриваются практические инструменты улучшения, анализа и оценки эффективности мероприятий по охране труда энергораспределительного предприятия.

Ключевые слова: аттестация рабочих мест, безопасность, вредные и опасные производственные факторы, инструменты охраны труда, метод экспертных оценок, охрана труда, оценка условий труда, распределительные энергосетевые предприятия.

A.G. Sagingali, A.S. Ibraev, G.S. Gumarov

*West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir Khan,
Uralsk, Kazakhstan*

PRACTICAL TOOLS FOR IMPROVING, ANALYZING AND EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF LABOR PROTECTION MEASURES OF AN ELECTRIC GRID DISTRIBUTION COMPANY

Annotation: The article discusses practical tools for improving, analyzing and evaluating the effectiveness of labor protection measures of an energy distribution company.

Keywords: workplace certification, safety, harmful and dangerous production factors, labor protection tools, expert assessment method, labor protection, assessment of working conditions, distribution grid enterprises.

Введение. По имеющимся данным Международной Организации Труда ежегодно в среднем погибает более 2 млн человек, что составляет практически 5 % от уровня общей смертности на нашей планете и обретают травмы 270 млн человек, а 160 млн человек страдают от различных заболеваний, связанных с

производством [1, 2].

В 2021 году в государствах Евросоюза на производственном рабочем месте случилось 2,88 млн несчастных случаев, 3347 из которых со смертельным исходом, что на 11 погибших меньше, по сравнению с 2020 годом [3].

На сегодняшний день уровень ПТ в Казахстане, как одной из стран СНГ, на порядок превышает аналогичные показатели в таких странах как Великобритания, Германия, Канада, Япония, а уровень смертельного травматизма на производстве в нашей стране в 2,5 раза выше, чем в США, в 7 раз чем в Японии, в 8,7 раза - чем в Англии [4]. Следовательно, производственный травматизм представляет очень серьёзную опасность для жизни и здоровья людей, особенно работников, работающих на опасных производственных объектах.

Высокая актуальность тематики, обозначенной в рамках данной статьи, обусловлена объективной необходимостью и практической целесообразностью применения современных инструментов улучшения, анализа и оценки эффективности мероприятий по охране труда в пределах комплексной системы управления энергораспределительных предприятий. В конечном итоге они оказывают содействие в улучшении условий производственного труда, уменьшению убытков и повышению конкурентной способности энергокомпаний за счет оптимизации финансовых затрат, повышения производительности труда и снижения к минимуму вероятности возникновения рисков связанных с производственным травматизмом и профессиональными заболеваниями.

Целью исследований в рамках данной статьи является теоретически описать практические инструменты улучшения, анализа и оценки эффективности мероприятий по охране труда энергораспределительного предприятия. Объект исследований – практические инструменты для улучшения, анализа и оценки эффективности мероприятий по охране труда энергораспределительного предприятия. Задачи исследования:

- выявить инструменты для улучшения и анализа эффективности мероприятий по охране труда.
- выбрать и дать краткую характеристику методическому инструменту по оценке эффективности мероприятий по охране труда.

Поставленные в рамках тематики исследования цель и задачи определили логику построения общей структуры и последовательность изложения данной статьи.

Методика исследований. В качестве методологической и теоретической платформы изыскания был принят формально-логический метод как наиболее универсальный из числа известных для анализа проблемных вопросов в области

менеджмента предприятия. Более того, в изысканиях также нашли своё применение такие специальные методы как системно-структурный, функциональный анализ и ранжирования инструментов в области безопасности и охраны труда.

Для достижения цели изыскания нашли свое применение и такие общенаучные методы исследования, как поиск, описание, обобщение и др.

Результаты исследований. В Республике Казахстан, невзирая на применяемые меры по улучшению условий производственного труда, уровень профессиональной заболеваемости и травматизма на текущий момент остаётся достаточно высоким. Так, по данным Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан в части обследованных предприятий и организаций в течение 2024 года в вредных и опасных условиях труда работало более 445 тысяч работников. При этом в ночную смену работало 26,5 % от общего числа работников изученных предприятий или каждый четвертый, т. е. 428,6 тыс. работников. Тяжелым физическим трудом были задействованы 122,6 тыс. работников (7,6) % от общего числа работающих обследованных предприятий и организаций [5].

В соответствии с Трудовым кодексом Республики Казахстан работники, осуществляющие трудовую деятельность во вредных и опасных условиях, имеют законодательное право на гарантии и компенсации.

В 2024 году в Республике Казахстан общая сумма финансирования на охрану труда была равна 434541,2 млн. тенге, из них на законодательно обязательные социальные гарантии было выделено 297422,3 млн. тенге [5].

По данным Комитета государственной инспекции труда, в 2024 году в результате несчастных случаев в производственных условиях пострадали 1408 работающих, из которых 202 погибли. При этом производственный травматизм снизился на 4,5% по сравнению с 2023 годом.

В общем, уровень производственного травматизма в Казахстане за последние пять лет снизился незначительно. Так по итогам 2024 года коэффициент частоты несчастных случаев на 1000 работающих определен равным 0,20, и это на 13,04 % меньше, чем в 2020 году (0,23). Эти данные убедительно свидетельствуют о том, что применявшиеся до сегодняшнего дня на производственных предприятиях меры не являются достаточными и имеется настоятельная необходимость усиления мероприятий по повышению безопасности и охране труда.

В связи с тем, что производственные условия в реальности характеризуются обычно наличием всевозможных вредных и опасных производственных факторов. Первостепенная задача системы управления охраной труда представляется максимальное предотвращение и минимизация

вероятности производственного травматизма и профессионального заболевания, работающего с одновременным обеспечением условий безопасности и здоровья для работников на рабочих местах.

Указанная первостепенная задача системы управления охраной труда решается на практике путем предотвращения рисков и достижения системы следующей совокупности микрозадач:

- Минимизация имеющихся рисков на местах работы, подверженных к воздействиям вредных и опасных факторов производства;

- Приведение технологических производственных процессов и промышленного оборудования в соответствие с требованиями предусмотренных стандартами, и правила, а также нормативных актов по охране труда;

- Обеспечение максимального количества работников средствами личной защиты, полное соблюдение режима производительного труда и полноценного отдыха, организация и реализация санитарно-бытового обслуживания работников;

- Проведение регламентированного обучения и соответствующих инструктажей по охране труда, регулярное повышение квалификации персонала и др.

В Республике Казахстан с июля 2019 года введен Национальный стандарт СТ РК ISO 45001:2019. Весьма важным нормативным документом локального значения ТОО «Западно-Казахстанский РЭК» является стандарт организации «Система менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Требования и руководство по применению». Данный стандарт способствует предприятию управлять и минимизировать риски, в сфере безопасности труда и охраны здоровья, предотвращать возможные аварии, производственные травмы, заболевания или гибель людей и всесторонне улучшать условия труда, учитывая потребности персонала и законодательные требования.

Разработка, внедрение и всемерное поддержание системы управления безопасности труда и охраны здоровья является убедительным способом демонстрации стратегической заинтересованности работодателя в собственных работниках.

Эффективными и действенными инструментами гарантированного обеспечения в энергораспределительном предприятии требуемых условий производственного труда могут служить:

- 1) Организация эффективной работы отдела (службы) охраны труда и производственной безопасности;

- 2) Проведение работ по приведению в норму производственной среды равным образом трудового процесса посредством усовершенствования

имеющихся технологических процессов, модернизации производственного оборудования и проведения регулярного планового технического обслуживания;

3) Обеспечение предприятия средствами коллективной защиты и всех его работников средствами личной защиты;

4) Организация и проведение на системной основе обучения и инструктажа вновь набранных и действующих сотрудников и работников предприятия;

5) Организация и реализация организационно-технических мероприятий, включающих в себя разработку комплекса мер по внедрению системы управления охраной труда, проведение оценки на соответствие рабочих мест установленным требованиям по обеспечению безопасности и гигиены труда, разработка требуемых инструкций и т.д.;

6) Организация и реализация социально-экономических мероприятий, охватывающих обязательное страхование от всевозможных рисков, сопровождающих трудовую деятельность персонала предприятия, предоставление дополнительного отпуска, выплат;

7) Подготовка и проведение периодической аттестации производственных объектов по условиям труда (аналог процедуры специальной оценки условий труда, используемой в России), которая позволяет установить класс (оптимальные, допустимые, вредные и опасные) условий труда по степени вредности и опасности и др.

С целью выявления самого эффективного вида затрат на предупредительные мероприятия по безопасности и охране труда приводящий в конечном итоге к минимизации финансовых расходов в контексте бережливого производства в условиях проявления возможных случаев производственного травматизма и профессиональных заболеваний и их последствий возможно использование метода экспертных оценок.

Практика применения метода экспертных оценок содержит последовательность следующих этапов: постановка формулировка цели экспертного оценивания, выбор формы проведения экспертного оценивания, подготовка информационные материалы необходимых для процедуры экспертного оценивания и назначение модератора процедуры, формирование состава экспертной комиссии, организация и проведение экспертного оценивания, обработка, анализ полученных результатов и выводы, составление отчета экспертного оценивания.

Получаемое по итогам обработки обобщенное мнение респондентов используется руководством энергораспределительного предприятия для выработки и принятия управленческих решений.

Сборочным инструментарием информации от респондентов является опросный лист в виде анкеты.

Выявление рейтинга предупредительных мероприятий по безопасности и охране труда позволяет выставить приоритеты при выделении финансовых средств и очередность их реализации.

Обсуждения. Рекомендуемый метод ранжирования явно основывается на профессиональном опыте, знании и интуиции специалистов в сфере безопасности и охраны труда. Здесь важно отметить, что метод ранжирования объективно необходим в данном случае для учета производственной специфики практически каждого конкретного отдельно взятого *распределительного электросетевого* предприятия. Так как на данный момент времени энергораспределяющие предприятия разрабатывают мероприятия по улучшения безопасности и охраны труда по образцу и подобию, по сути, одинаково во всех *распределительно-сетевых* энергокомпаниях.

Действенность данного метода предопределается его универсальностью, возможностью применения в обстоятельствах, когда отсутствуют точные данные либо их получение затруднено, а также скоростью достижения искомого результата. Вместе с тем действенность этого метода в большей степени зависит от надлежащей организации процесса оценки, умелого подбора состава компетентных и высококвалифицированных экспертов, максимальное снижение субъективных факторов, такого рода как предвзятость либо давление наиболее авторитетных экспертов.

Задачей каждого эксперта является ранжирование требуемых задач по обеспечению безопасных условий производственного труда по степени важности и срочности в целях выяснения и определения, какие из задач являются первоочередными и подлежать решению прежде других. Численные оценки задач по обеспечению безопасных условий производственного труда располагаются экспертами в порядке убывания их значимости.

Несмотря на такие недостатки, как наличие субъективности и предвзятости, возможности расхождения во мнениях и прямая зависимость от квалификации экспертов, метод экспертных оценок остается весьма важным и действенным инструментом для практики принятия решений в различных областях. В том числе и в области безопасности и охраны труда, когда требуется учитывать профессиональное мнение высококвалифицированных специалистов.

Заключение. Таким образом, нами описан комплекс процедур, являющихся основными инструментами устойчивого обеспечения благоприятных условий труда, которые направлены на обеспечение реализации мер по предупреждению и предотвращению несчастных случаев на производственных рабочих местах и профилактике профессиональных

заболеваний. Использование метода экспертных оценок позволит выставить по рангу эффективность мероприятий по обеспечению в энергораспределительном предприятии требуемых условий производственного труда и тем самым составить рейтинг инструментарных мероприятий по охране труда и выявить среди них наиболее эффективную. Затем провести организационно-управленческие мероприятия и как желаемая конечная цель достичь нулевого травматизма на энергораспределительном предприятии за счет обеспечения безопасных производственных условий труда. Более того, экспертная оценка эффективности мероприятий по обеспечению охраны труда в энергораспределительных предприятиях является важным и действенным инструментом для оптимизации возможных финансовых затрат, роста производительности и обеспечения безопасных производственных условий труда, что в конечном итоге будет способствовать росту конкурентоспособности, а также соответственности энергопредприятия.

Следующим шагом в контексте данного нашего изысканий будет практическая реализация метода экспертных оценок на базе Западно-Казахстанской региональной электросетевой компании.

Список использованной литературы.

1. Баловцев С.В., Воробьев О.В., Моностырев Н.Н., Кривошеева С.И., Копылова А.В., Кравцова Е.А. Безопасность и управление рисками в горном деле. – М.: Горная книга, 2016. – 36 с.
2. Bastgen C.L. Holzner Employment protection and the market for innovations. Labour Economics, Vol. 46, June 2017, pp. 77-93.
3. Хлюстова Я. Почему люди продолжают умирать на работе и как это исправить // Center of corporate medicine: офиц. сайт. URL: <https://oborona.media/smert-na-rabote/> (дата обращения: 06.09.2025).
4. Имангазин М.К. Анализ травматизма на производстве ферросплавов в Республике Казахстан. LAP LAMBERT Academic Publishing. 2014. - 381с.
5. Основные показатели по труду в Республике Казахстан (2024 г.) // Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан. URL: <https://stat.gov.kz/ru/industries/labor-and-income/stat-wags/publications/412079/> (дата обращения: 06.09.2025).

ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

Научная статья

УДК 621.78

П.А. Горбушин, В.В. Сафонов, С.А. Шишурин, Р.В. Вольсков, Миронова Е.А.

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

ПОЛИКОМПОЗИЦИОННОЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКОЕ ХРОМИРОВАНИЕ КАК СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАДАННЫХ СВОЙСТВ ПОКРЫТИЯ РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ УБОРОЧНЫХ МАШИН

Аннотация: в статье представлен литературный анализ применения гальванических покрытий для упрочнения режущих элементов уборочных машин, сделаны предположения, что использование совместно твердых и антифрикционных наноразмерных материалов для нанесения гальванических покрытий может существенно повысить ресурс режущих элементов уборочных машин и повысить производительность и экономичность машин в целом.

Ключевые слова: микротвердость, износостойкость, упрочнение, ресурс, режущие элементы, твердые материалы, антифрикционные материалы, поликомпозиционные покрытия.

П.А. Gorbushin, V.V. Safonov, S.A. Shishurin, R.V. Volskov, Mironova E.A.

Saratov State University of genetics, biotechnology and engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

POLYCOMPOSITION ELECTROPLATING AS A METHOD OF OBTAINING THE SPECIFIED COATING PROPERTIES OF CUTTING ELEMENTS OF HARVESTING MACHINES

Annotation. The article presents a literary analysis of the use of electroplating to strengthen the cutting elements of harvesting machines, and suggests that the combined use of solid and antifriction nanomesimeric materials for electroplating can significantly increase the life of the cutting elements of harvesting machines and increase the productivity and efficiency of machines in general.

Keywords: microhardness, wear resistance, hardening, resource, cutting elements, hard materials, antifriction materials, polycomposite coatings.

Введение:

Режущие элементы уборочных сельскохозяйственных машин имеют достаточно низкий ресурс. В связи с этим, при частом их выходе из строя нарушаются агротехнологические сроки уборки сельскохозяйственных культур, что ведет к непременным потерям урожая. Кроме этого, быстрое затупление режущих элементов приводит к повышению энергозатрат на технологические операции. Замена или дополнительная заточка режущих элементов сопровождается повышением трудозатрат и увеличением простоя техники.

В мировой и российской практиках имеется достаточно большое количество способов упрочнения режущих элементов уборочных сельскохозяйственных машин. Особое место среди этих способов занимают гальванические покрытия. Важными достоинствами гальванических покрытий являются низкие температуры воздействия на режущие элементы, возможность нанесения покрытий такого качества, при котором нет необходимости проводить дополнительную механическую обработку поверхностей режущих элементов и т.д. При этом гальванические покрытия имеют и недостатки, ограничивающие их применение в различных областях промышленности, в том числе для нанесения покрытий на режущие элементы уборочных машин. Одним из перспективных направлений устранения критических недостатков гальванических покрытий является их модификация наноразмерными материалами. Включение частиц нанометрового диапазона в матрицу покрытия позволяет изменять их физико-механические свойства, что позволяет получать требуемые свойства конкретных покрытий для удовлетворения возникающих потребностей производства. При этом важной задачей получения нанокомпозиционных покрытий является исследование зависимостей изменения физико-механических свойств покрытий от вида и концентрации применяемых наноразмерных материалов [3-5, 7-10].

Методика проведения испытаний:

Проведенные ранее исследования способов упрочнения поверхностей режущих элементов уборочных машин, позволили установить, что гальваническое хромирование и никелирование являются достаточно перспективными для упрочнения, однако они не лишены серьезных недостатков, ограничивающих их применение [3-5]. Как было указано ранее, ключевыми недостатками хромирования, являются трещинообразование, высокая сложность обработки поверхностей, высокие внутренние напряжения, ограничивающие толщину наносимого слоя величиной 50 мкм, необходимость термической

обработки поверхностей в течении длительного времени (до 3 часов), сложность технологического процесса, включающего осаждения медной или никелевой подложки. Большинство недостатков хромирования сложно устранить технологическими методами, при этом твердость получаемого покрытия и его антикоррозионные свойства являются лучшими среди всех гальванических покрытий. В литературе можно встретить множество примеров применения хромовых покрытий в области режущих аппаратов [6]. Например, хромирование гладких сегментов косилок. Покрытия получали из классического электролита твердого хромирования, толщиной 30 мкм. После испытаний было установлено повышение ресурса сегментов до 2 раз.

К основным недостаткам гальванического никелирования можно отнести сложность получения твердого покрытия никелирования и сопровождение нанесения покрытия образованием множества примесей от разложения растворимых анодов, что требует постоянно фильтрации электролита и серьезно затрудняет возможность применения наноразмерных материалов. Одним из наиболее важных недостатков, по сравнению с хромированием, у никелирования является более низкая твердость (5,5 ГПа по сравнению с 10 ГПа у хрома [3]). Так как есть не прямая зависимость между твердостью и износостойкостью покрытия, применение хромирования является наиболее перспективным способом повышения ресурса режущих элементов уборочных машин.

При проведении анализа получения хромовых покрытий можно отметить, что их физико-механические свойства в широком пределе зависят от режимов электролиза, таких как температура электролита, его кислотность, плотность катодного тока, элементный состав электролита, соотношение площади катодов к площади анодов и подобные. Кроме того, при внесении в электролиты наноразмерных материалов, физико-механические свойства покрытий так же меняются в широких пределах. Параметры будут зависеть от вида вносимого наноразмерного материала, его размеров, концентрации в электролите, способа перемешивания электролита во время нанесения и т.д. В связи с вышеизложенным, возникает необходимость проведения целого комплекса исследований для изучения влияния всех вышеперечисленных факторов на степень упрочнения, и, в конечном счете, на ресурс режущих элементов уборочных машин.

Результаты исследований и их обсуждения:

Нанокомпозиционные гальванические покрытия представляют собой металлическую матрицу, в состав которой входят различные наноразмерные материалы.

Исследователями В. Ф. Молчановым, Ф. А. Аюповым, В. А. Вандышевым, В. М. Дзыцюком, Ю. Н. Лебединским и др. [2], начиная с 1962 г., были

проводены работы по совершенствованию процесса хромирования, особенно по борьбе с растресливанием (катодной коррозией), наблюдаемым в процессе электролиза. Ими же в 1964 г. были начаты работы по исследованию возможности получения композиционных покрытий на основе хрома. В 1966 г. были разработаны мероприятия по совершенствованию процесса хромирования в саморегулирующемся сульфатно-кремнефторидном электролите. В настоящее время существует целый ряд технологий получения композиционных хромовых покрытий с заданными физико-механическими свойствами.

В работе [1] указано, что композиционное гальваническое покрытие на основе хрома может быть получено с применением различных по природе материалов. Назначение дисперсных материалов заключается в придании покрытиям ценных свойств, не характерных для металла покрытия. Влияние их на металл может быть разнообразным.

При введении инертных порошкообразных веществ в растворы гальванического хромирования становится возможным совместное осаждение металла и находящихся в растворе частиц, что также приводит к полезному изменению свойств исходных металлических покрытий.

Одной из главных задач создания композиционных покрытий является улучшение их физико-механических свойств. Многочисленными исследованиями показано, что включения дисперсных наполнителей в гальваническое покрытие на основе хрома во многих случаях приводит к существенному повышению его микротвердости и износостойкости [1-5, 7-10].

Микротвердость получаемых нанокомпозиционных покрытий может достигать значений, которые в 1,5...2 раза больше, чем у базового покрытия. Величина микротвердости определяется в первую очередь природой применяемых композиционных материалов.

Наблюдается значительное повышение износостойкости покрытий за счет внедрения дисперсных частиц. Износ по массе хромового покрытия с внедрением карбида кремния в 3...4 раза, а карбида бора в 4...5 раз меньше, чем у покрытия без частиц [2].

Важным физико-механическим свойством гальванических покрытий является коррозионная стойкость.

Исследования коррозионной стойкости покрытий, включающих в себя оксиды алюминия, титана, циркония, представлены в литературе [1, 4]. Увеличение её наблюдается при повышении концентрации дисперсной фазы до максимальных значений.

Важной особенностью нанокомпозиционных покрытий является применение частиц нанометрового диапазона. При этом все описанные исследования в литературе в основном затрагивают применение частиц

микрометрового диапазона. Однако применение меньшего размера частиц позволит более равномерно заполнить матрицу и более эффективно влиять на физико-механические свойства, в связи с чем большой интерес представляют исследования свойств нанокомпозиционных покрытий.

Исходя из описанных выше литературных исследований, можно сделать вывод о том, что для увеличения микротвердости и коррозионной стойкости гальванического покрытия на основе хрома можно использовать различные наноармзевые порошки. Однако для увеличения износостойкости недостаточно повышать только микротвердость, необходимо также улучшать антифрикционные характеристики покрытия. Лучше всего для этой цели применять недорогие наноразмерные порошки различных полимеров – тефлон, политетрафторэтилен (разновидность тефлона), полититанат калия.

Полититанат калия ($K_2O \cdot nTiO_2$) – это новый класс соединений, представляющий собой слоистый кристалл чешуйчатой формы. Он является промежуточным продуктом синтеза волокнистых титанатов калия, состоит из частиц размерами 50...80 нм. В качестве направлений использования полититанаты калия можно отметить следующие [7, 8]:

- армирующий наполнитель фрикционных композиционных материалов, позволяющий существенно повысить их износостойкость, увеличить допустимые нагрузки;
- компонент антифрикционных материалов и покрытий (прокладки, сальники);
- компонент высокоэффективных смазок и паст, способных работать при повышенных температурах;
- наноструктурирующая добавка в металлы и сплавы, позволяющая увеличить их механическую прочность в 3...4 раза.

В то же время в литературных источниках недостаточно сведений о совместном применении таких модификаторов, как твердые наноразмерные материалы (для повышения микротвердости) и полимерный наполнитель полититаната калия (для улучшения антифрикционных характеристик покрытия).

Режущие элементы уборочных машин являются быстроизнашиваемыми деталями, от их нормальной работы в значительной степени зависит производительность и экономичность машин. Существующие способы упрочнения работоспособности режущих элементов имеют ряд существенных недостатков, поэтому разработка новой технологии, лишенной их, является актуальной задачей.

Заключение:

Применение нескольких видов наноразмерных материалов при создании поликомпозиционных гальванических покрытий на основе хрома является актуальным решением для регулирования физико-механических свойств таких покрытий под конкретные задачи производства. При этом, в литературных источниках недостаточно информации о совместном осаждении нескольких видов наноразмерных материалов при гальваническом хромировании. Проведение исследований в этой области поможет разработать эффективную технологию повышения ресурса режущих элементов уборочных машин, что поможет повысить эффективность работы этих машин в целом.

Список использованной литературы.

1. Браутман, Л. А. Композиционные материалы / Л. А. Браутман, Р. В. Крок. – М. : Мир, 1981. – 672 с.
2. Вандышев, В. А. Восстановление изношенных деталей строительных машин композиционными электролитическими покрытиями на основе хрома с целью повышения их долговечности и надежности / В. А. Вандышев. – Киев, 1973. – 186 с.
3. Выбор материала наноразмерной фазы и установление режимов нанесения нанокомпозиционных гальванических покрытий на основе хрома / В. В. Сафонов [и др.] // Научная жизнь. – 2021. – Т. 16. – № 3 (115). – С. 338-349.
4. Повышение износостойкости и коррозионной стойкости гальванического покрытия хрома применением наноразмерных материалов / В. В. Сафонов, С. А. Шишурин, П. А. Горбушин, В. В. Венскайтис // Научная жизнь. – 2022. – Т. 17, № 5(125). – С. 761-770.
5. Сафонов, В. В. Механизм упрочнения гальванических покрытий деталей сельскохозяйственных машин наноразмерными частицами / В. В. Сафонов, С. А. Шишурин, П. А. Горбушин // Агропродовольственная политика России. – 2023. – № 4 (107). – С. 38-43.
6. Ткачев, В. Н. Износ и повышение долговечности деталей сельскохозяйственных машин / В. Н. Ткачев. – М.: «Машиностроение», 1971. – 264 с.
7. Application of Composite Electroless Nickel Coatings on Precision Parts of Hydraulics Aggregates / V. Safonov [et al.] // Tribology in Industry. – 2019. – Vol. 41. – No. 1. – P. 14-22.
8. Investigation of Structure and Wear Resistance of Nanocomposite Coating of Chemical Nickel / V. Safonov [et al.] // Tribology in Industry. – 2018. – Vol. 40. – No. 4. – P. 529-537.

9. Influence of nanosized particles on physical and mechanical properties of galvanic zinc coating / P. A. Gorbushin, V. V. Safonov, S. A. Shishurin, V. V. Venskaitis // The Agrarian Scientific Journal. – 2023. – No. 7. – P. 159-165.
10. The Influence of Nanosized Materials on Microhardness of Iron-Based Electroplating / V. Safonov [et al.] // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. – 2019. – Vol. 8, – No. 6. – P. 629-632.

Научная статья
УДК 620.193

***В.В. Сафонов, Д.В. Курдюков, К.В. Сафонов, Е.А. Казарин, Д.А. Потапов,
С.С. Кочетков***

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и
инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОРОШКООБРАЗНОЙ ДОБАВКИ К МОТОРНОМУ МАСЛУ НА СОСТОЯНИЕ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ДВИГАТЕЛЯ

Аннотация: эксплуатационные свойства моторных масел как правило улучшают с помощью различных присадок и добавок к ним. В моторных маслах иногда используют твердофазные добавки, содержащие порошки чистых металлов их сплавы или легированные соединения.

Однако, недостаточно изучены вопросы влияния порошкообразных добавок на износостойкость и процесс набухания уплотнительных устройств автотракторных двигателей. Для проведения исследований по влиянию порошкообразных добавок к базовым моторным маслам на износостойкость и набухание уплотнительных манжет использовали добавку «Кластер» представляющую собой смесь ультрадисперсных порошков цветных металлов и поверхностно-активных веществ.

В работе были разработаны методики и проведены исследования по определению влияния твердофазных добавок на состояние уплотнительных устройств автотракторных двигателей.

В результате проведенных исследований, было установлено, что порошкообразная добавка «Кластер» не только не ухудшает состояние уплотняющего устройства контактирующего с шейкой коленчатого вала, но даже приводит к уменьшению его износа в 4,71 раза. Базовое моторное масло с использованием предлагаемой добавки становится менее агрессивно по отношению к материалу резиновых уплотнений по сравнению с чистым базовым маслом С.Н.Р.Г. N-DURO power SAE 15w-40 и приводит к уменьшению их набухания в 11,4 раза.

Ключевые слова: моторное масло, уплотнительное устройство, сальник, набухание, порошкообразная добавка, образцы трения, колодка, машина трения, двигатель.

V.V. Safonov, D.V. Kurdyukov, K.V. Safonov, Z.R. Umarov, E.A. Kazarin, D.A. Potapov, S.S. Kochetkov

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilova, Saratov, Russia

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF A POWDERED ADDITIVE ON MOTOR OIL ON THE CONDITION OF ENGINE SEALING DEVICES

Annotation: The performance properties of motor oils are usually improved by using various additives and improvers. In motor oils, solid-phase additives are sometimes used, which contain powders of pure metals, their alloys or alloyed compounds. However, the issues of the influence of powder additives on the wear resistance and the swelling process of sealing devices of auto-tractor engines are insufficiently studied. The "Cluster" additive, which is a mixture of ultrafine powders of non-ferrous metals and surfactants, was used to study the effect of powdered additives on the wear resistance and swelling of sealing gaskets in base motor oils. To study the effect of powdered additives on the wear resistance and swelling of sealing gaskets, the Cluster additive was used, which is a mixture of ultrafine powders of non-ferrous metals and surfactants. In the work, methods were developed and studies were conducted to determine the effect of solid-phase additives on the condition of sealing devices of automobile and tractor engines. As a result of the conducted studies, it was found that the powdered additive "Cluster" not only does not worsen the condition of the sealing device in contact with the crankshaft neck, but even reduces its wear by 4.71 times. The base engine oil with the proposed additive becomes less aggressive towards the rubber seals compared to the pure base oil C.N.R.G. N-DURO power SAE 15w-40, resulting in a 11.4-fold reduction in swelling.

Keywords: engine oil, sealing device, oil seal, swelling, powdered additive, friction samples, pad, friction machine, engine.

Введение.

Эффективность работы автотракторной техники в основном зависит от таких показателей надежности как безотказность и долговечность. Опыт эксплуатации автотракторной техники показывает, что основной процент отказов и самая низкая долговечность приходится на такой агрегат как двигатель [1,2].

В свою очередь известно, что надежность современных автотракторных двигателей в первую очередь зависит от качества применяемого масла. Масло по существу является конструктивным элементом двигателя, определяющим его работоспособность [2].

Эксплуатационные свойства моторных масел как правило улучшают с

помощью различных присадок и добавок ним.

Кроме малорастворимых присадок в моторные масла иногда применяют твердофазные добавки, содержащие порошки чистых металлов их сплавы или легированные соединения, различной концентрацией и размерами частиц. Так, для повышения противоизносных, антифрикционных и противозадирных свойств смазочных материалов применяют такие металлы и их сплавы, как медь, олово, цинк, алюминий, никель, кобальт, серебро, кадмий, бронза, латунь, графит, молибден и многие другие [3, 4, 5,6].

Однако несмотря на большое количество исследований в этой области, недостаточно изученным является вопрос влияния порошкообразных добавок на износостойкость и процесс набухания уплотнительных устройств автотракторных двигателей.

Уплотнительные устройства предназначены для предотвращения вытекания смазки из узлов, а также для защиты их от пыли и влаги окружающей среды. Из всего многообразия уплотнительных устройств в двигателях в основном применяются манжетные уплотнения. Они выполняются в виде кольцевых манжет, устанавливаемых в корпусные детали с натягом и прижимаются к валу под действием сил упругости самой манжеты или специальной пружины.

Для проведения исследований по влиянию порошкообразных добавок к базовым моторным маслам на износостойкость и набухание уплотнительных манжет использовали добавку «Кластер» представляющую собой смесь ультрадисперсных частиц легированной латуни, ПАВа – олеиновой кислоты и базового моторного масла [7,8].

Порошок был получен методом испарения сырья (крупнодисперсного порошка или прутка) в плазменном потоке с температурой 5000...6000 К и конденсации пара до частиц требуемого размера. Частицы имели форму близкую к сферической и их размер составлял - 0,01...0,05 мкм.

Технология приготовления концентрированной добавки подробно представлена в работах [9,10].

Методика исследований.

Изучение влияния добавки «Кластер» на износостойкость сопряжения «шейка коленчатого вала-сальник» проводили на машине трения СМЦ-2 по схеме «ролик- колодка». Смазку образцов осуществляли погружением нижнего ролика на 1/3 диаметра в смазочную ванну объемом 150 см³. Нагрузку изменяли при помощи нагрузочного устройства, установленного на машине трения. Температурные измерения проводили с помощью цифрового пирометра Mastech MS6530. Износ образцов определяли весовым методом. Взвешивания образцов до и после испытания проводили на аналитических весах HR-250AZG. Степень

влияния предлагаемой порошкообразной добавки на состояние пары трения «шейка коленчатого вала- сальник» оценивали по величине износа ролика и колодки после сравнительных лабораторных испытаний товарного моторного масла C.N.R.G. N-DURO power SAE 15w-40 и смеси моторного масла C.N.R.G. N-DURO power SAE 15w-40 с порошкообразной добавкой «Кластер». Элементы модельного трибосопряжения были изготовлены из следующих материалов: ролик из Стали 45 (ГОСТ 1050-2013), колодка из маслобензостойкой резины марки СКФ-32 (ГОСТ 8752-79) (рисунок 1).



Рисунок 1. Модельная пара трения

Твердость ролика соответствовала твердости поверхности шейки коленчатого вала (53...63 HRC по ГОСТ 53444- 2009. Наружный диаметр ролика – 50 мм, ширина – 12 мм. Шероховатость рабочей поверхности ролика после механической обработки соответствовала 0,32 мкм. Коэффициент взаимного перекрытия образцов – 0,13.

Выбранный режим испытаний соответствующей пары трения представлен в таблице 1.

Таблица 1

Режим испытаний модельной пары трения

Наименование пары трения	Нагрузка, Н	Частота вращения ролика, мин ⁻¹	Продолжительность испытания, ч
"Шейка коленчатого вала- сальник"	300	500	1

Степень агрессивности масел по отношению к материалам уплотнений (сальника), применяемых в автотракторных двигателях, определяли по набуханию и изменению массы образцов, изготовленных из фторкаучука СКФ-32 (ГОСТ 8752-79).

Образцы сальников погружали в базовое масло S.N.R.G. N-DURO power SAE 15W-40 и в базовое масло с порошкообразной добавкой «Кластер» примерно на $\frac{1}{2}$. Образцы помещали в сушильный шкаф ПЭ-0042 (рисунок 2).



Рисунок 2. Испытание на набухание уплотнительных устройств

Время испытания составило 96ч при температуре 90°C в сушильном шкафу ПЭ-0042.

Состояние сальников оценивали по изменению их массы и внешнему виду. Взвешивание сальников до и после испытаний проводили на аналитических весах HR-250AZG.

Результаты исследований.

Результаты проведенных исследований представлены на рисунках 3 и 4.

Анализ полученных зависимостей показал, что температура масла с применением добавкой «Кластер» в 1,67 раза ниже, чем на базовом масле S.N.R.G. N- DURO power SAE 15W-40. Критерием оценки сравнительной противоизносной эффективности добавки «Кластер» является величина износа образцов трения по массе за время испытания. Результаты замеров износа образцов представлены в виде гистограмм на рисунке 5.

После испытаний суммарный износ образцов на чистом масле S.N.R.G. N- DURO power SAE 15W-40 составил -0,0212 г, на масле с добавкой «Кластер» – 0,0045 г, что в 4,71 раза меньше, чем на базовом масле.

Полученные результаты исследования набухания сальников под действием экспериментальных смазочных материалов представлены в таблице 2.

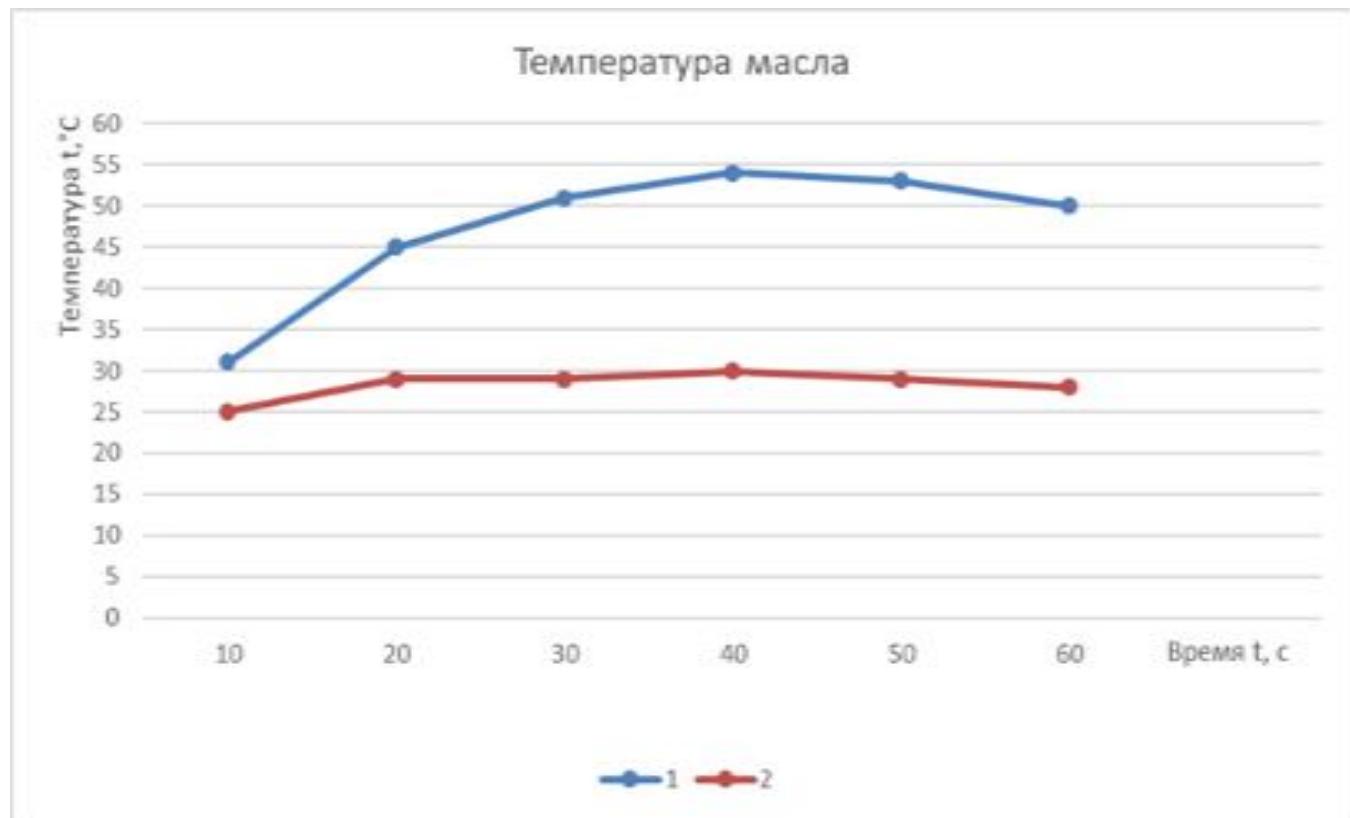


Рисунок 3. Изменение температуры масла в процессе работы пары трения на масле: 1 - S.N.R.G. N-DURO power SAE 15W-40; 2- S.N.R.G. N-DURO power SAE 15W-40с добавкой «Кластер»

Анализ представленных данных показал, что масло S.N.R.G. N-DURO power SAE 15w-40 с добавкой «Кластер» является менее агрессивным по отношению к материалу резиновых уплотнений по сравнению с чистым базовым маслом S.N.R.G. N-DURO power SAE 15w-40. Весовое набухание сальника в масле S.N.R.G. N-DURO power SAE 15w-40 с добавкой «Кластер» в 11,4 раза меньше, чем на базовом масле.

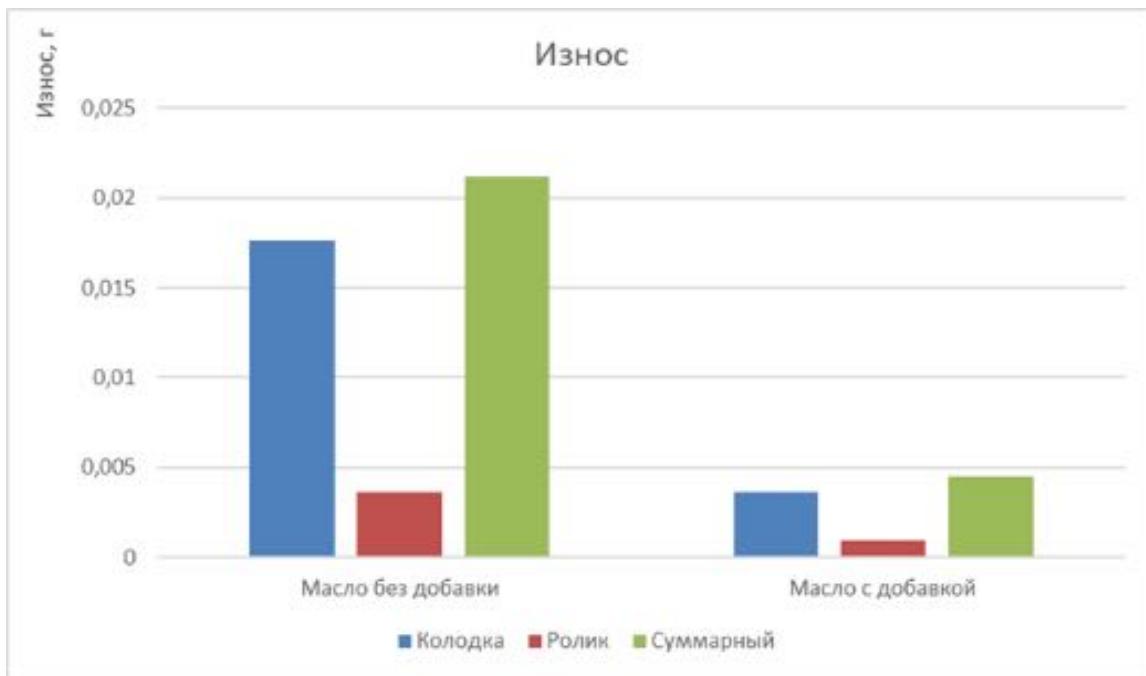


Рисунок 4. Гистограммы износа образцов испытанных на масле S.N.R.G. N-DURO power SAE 15W-40 без добавки «Кластер» и с добавкой

Таблица 2.

Результаты набухания уплотнительных устройств

Название смазочной среды	Масса сальника до испытания, г.	Масса сальника после испытания, г.	Весовое набухание, %
S.N.R.G. N-DURO power SAE 15W-40	14,6269	14,7594	0,91%
S.N.R.G. N-DURO power SAE 15W-40 + «Кластер»	14,5809	14,5919	0,08%

Заключение:

В результате проведенных исследований, было установлено влияние предлагаемой твердофазной добавки на состояние уплотнительных устройств автотракторных двигателей. Порошкообразная добавка «Кластер» не только не ухудшает состояние уплотняющего устройства контактирующего с шейкой коленчатого вала, но даже приводит к уменьшению его износа в 4,71 раза. Базовое моторное масло с использованием предлагаемой добавки становится менее агрессивно по отношению к материалу резиновых уплотнений по сравнению с чистым базовым маслом S.N.R.G. N-DURO power SAE 15W-40 и приводит к уменьшению их набухания в 11,4 раза.

Список использованной литературы.

1. Безызносная эксплуатация двигателей внутреннего сгорания :[монография] / Р. Ю. Соловьев [и др.] ; под общ. ред. Р. Ю. Соловьева. – М. :ФГБНУ ГОСНИТИ, 2015. – 196 с.
2. Инновационные методы повышения послеремонтной надежности сельскохозяйственной техники и инвестиционной привлекательности ремонтирующих предприятий в АПК : [монография] / В. И. Черноиванов [и др.] ; под общ. ред. В. И. Черноиванова. – М. : ГНУГОСНИТИ, 2012. – 400 с.
3. Воротягин, М. И. Применение нанотехнологий при восстановлении трущихся поверхностей деталей / М. И. Воротягин // Техника в сельском хозяйстве. – 2010. – № 4. – С. 3–4.
4. Дунаев, А. В. Системное применение триботехнологий на всех этапах жизненного цикла машин и оборудования / А. В. Дунаев // Труды ГОСНИТИ. – М., 2014. – С. 88–91.
5. Елисеев, А. А. Функциональные наноматериалы / А. А. Елисеев, А. В. Лукашин ; под ред. Ю. Д. Третьякова. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 456 с.
6. Исследования трибосоставов на основе гексагонального нитрида бора / Д. А. Гительман [и др.] // Труды ГОСНИТИ. – 2014. – Т. 115. С. 66-70.
7. Сафонов, В.В., Шишурин, С.А., Александров, В.А. Повышение эффективности эксплуатации сельскохозяйственной техники за счет применения наноматериалов // Нанотехника. – 2009. – № 20. С. 79–80.
8. Многофункциональная добавка к моторным маслам / В. В. Сафонов [и др.] // Двигателестроение. – 2014. – № 2 (256). – С. 32–35.
9. Влияние ультразвука на седиментационную устойчивость нанодисперсного порошка в смазочной среде // В. В. Сафонов [и др.] // Наука в центральной России. – 2019. – № 6 (42). – С. 67–75.
10. Сафонов, В.В., Добринский, Э.К. Повышение ресурса тракторных дизелей за счет металлоксодержащих добавок к маслу // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – №4. – С. 17–18.

Научная статья
УДК 62-732

С.А. Шишиурин, Д.С. Маяков, Е.А. Миронова

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, Россия

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ПРИ ЗАПРАВКЕ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

Аннотация: рассмотрены требования к чистоте дизельного топлива, используемого в качестве источника энергии для мобильных сельскохозяйственных транспортных средств, оснащённых дизельными двигателями. Выявлено, что вода, находящаяся в дизельном топливе, приводит к преждевременному выходу из строя прецизионных деталей дизельной топливной аппаратуры. При этом при поставке дизельного топлива к потребителю значительно повышается его обводнённость вследствие воздействия на него различных факторов. Проанализировано влияние обводнённости дизельного топлива на работоспособность дизельной топливной аппаратуры. Выявлено, что используемые в настоящее время при эксплуатации сельскохозяйственной техники средства очистки дизельного топлива не в полной мере обеспечивают чистоту дизельного топлива. Для улучшения качества используемого дизельного топлива предложена установка, которую предлагается использовать в процессе заправки мобильной сельскохозяйственной техники, принцип действия которой заключается в охлаждении обводнённого дизельного топлива ниже температуры кристаллизации воды с дальнейшим его пропусканием через фильтрующую перегородку, которая позволяет значительно повысить эффективность удаления воды из дизельного топлива при заправке мобильных машин.

Ключевые слова: прецизионные детали, обводнённость дизельного топлива, снижение обводнённости дизельного топлива.

S.A. Shishurin, D.S. Mayakov, E.A. Mironova

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

IMPROVEMENT OF DIESEL FUEL PURIFICATION TECNOLGY DURING FILLING OF AUTOMOTIVE VEHICLES

Annotation: the requirements to the purity of the diesel fuel used as an energy source for mobile agricultural vehicles equipped with diesel engines. It is revealed that the water contained in the diesel fuel, leading to premature failure of the precision parts of diesel fuel injection equipment. In this case, when the supply of diesel fuel to the consumer significantly increases its water cut due to the impact on it of various factors. The effect of the water content of diesel fuel on the performance of diesel fuel injection equipment diesel engines. It is revealed that currently used in the operation of farm equipment cleaning diesel fuel does not fully ensure the purity of diesel fuel. To improve the quality of the diesel fuel proposed to install a proposed EC-use in the process of refueling mobile agricultural equipment, the principle of which consists in cooling the watered diesel fuel below the crystallization temperature of the water with its further passing through the filter wall, which allows to significantly increase the efficiency of removing water from diesel fuel during refueling of mobile machines.

Keywords: precision parts, the water content of diesel fuel, the reduction of water content of diesel fuel.

Введение. Основным потребителем дизельного топлива является сельское хозяйство. Это связано с тем, что основная часть мобильных машин сельскохозяйственного назначения оснащены дизельными двигателями. Основным недостатком дизельных двигателей является повышенная требовательность к качеству используемого дизельного топлива, от которого напрямую зависит их надёжность.

Качество дизельного топлива по ГОСТ 305-2013 оценивается рядом показателей, одним из которых является содержание в нём воды, которой, в соответствии с требованиями данного стандарта, должно быть не более 200 мг/кг.

Однако вода, находящаяся в топливе в любых количествах, оказывает негативное влияние на работоспособность прецизионных деталей дизельной топливной аппаратуры (вызывает их коррозию, ухудшает условия смазывания сопрягаемых поверхностей), что приводит к преждевременному выходу из строя дорогостоящих агрегатов системы питания дизельных двигателей [1, 2, 5].

Материалы и методы. При разработке новой установки для обезвоживания дизельного топлива, используемой при заправке мобильной сельскохозяйственной техники, был произведён анализ существующих средств очистки дизельного топлива от воды. При этом были рассмотрены и проанализированы состояния, в которых вода может находиться в дизельном топливе и особенности, имеющие место при её удалении из топлива.

В зависимости от влажности окружающей среды и её температуры, а также от температуры самого топлива, вода в топливе и в топливных баках может

находиться в различных состояниях: растворённом, эмульсионном, а также свободная вода (в виде кристаллов льда, инея, льда, конденсата и отстойной воды).

Растворённая (гигроскопическая) вода находится в топливе в молекулярном состоянии и визуально не обнаруживается. Содержание её в топливе зависит от атмосферных условий. Растворённая вода обладает большой поверхностной энергией и вследствие этого собирает мелкодисперсные механические примеси, находящиеся в топливе, в более крупные частицы (конгломераты), что способствует улучшению очистки дизельного топлива от механических примесей. При этом присутствие даже незначительного количества растворённой воды в топливе приводит к разрушению топливной плёнки на сопрягаемых поверхностях прецизионных пар топливной аппаратуры дизелей, что приводит к задирам на поверхностях деталей, зависанию плунжеров и т. д.; детали при этом работают в условиях граничного трения [3, 6, 10].

Эмульсионная вода представляет собой микрокапли размером до 30 мкм, находящиеся в топливе во взвешенном состоянии, и вызывающие видимое глазом его помутнение, образует с нефтепродуктом водотопливную эмульсию. При отрицательных температурах из эмульсионной воды образуются кристаллы льда. При этом образовавшиеся кристаллы льда могут привести к забиванию очищающих перегородок фильтров тонкой очистки, что, в свою очередь, может привести к их повреждению, в результате чего фильтры перестают выполнять свою функцию и двигатель преждевременно выходит из строя.

При выпадении свободной воды в отстой она образует слой, имеющий четкую границу с нефтепродуктом и называемый подтоварной водой. Часть воды из топлива испаряется в надтопливное пространство баков. От конденсации паров воды, находящихся в надтопливном пространстве, на холодных стенках баков образуется конденсат. При отрицательных температурах на стенках баков появляется иней. При этом свободная вода может частично переходить в растворённую и эмульсионную воду. Также накопившаяся в баке свободная вода может замерзать в трубопроводах и препятствовать поступлению топлива к топливному насосу.

Таким образом, при изменении условий окружающей среды в процессе эксплуатации вода переходит из одного состояния в другое и происходит её накопление в баках транспортных средств.

Топливо, выдаваемое с завода-изготовителя, содержит механические примеси (не более 30 г/т), а вода практически отсутствует. Однако в процессе транспортировки до районных нефтебаз содержание воды в топливе повышается [8].

В резервуарах нефтескладов хозяйств вследствие наличия факторов, благоприятствующих попаданию воды в топливо, содержание воды зачастую может достигать 2,5 % и более [8].

Вследствие этого топливо до заправки в бак транспортного средства должно быть очищено от содержащейся в нём воды.

В Саратовском государственном аграрном университете имени Н.И. Вавилова проводились исследования по оценке влияния обводнённости дизельного топлива на работоспособность прецизионных деталей дизельной топливной аппаратуры [4, 5], которые показали, что при работе на топливе с содержанием воды 3 % и содержанием механических примесей 16,3 г/т за 75 часов работы пусковая подача снижается на 18,5 %, номинальная подача – на 11 %. В то же время при работе на чистом дизельном топливе эти же показатели составляют 6,4 и 14,7 % соответственно. Это говорит о негативном влиянии воды на состояние прецизионных деталей дизельной топливной аппаратуры и необходимости удаления воды из топлива.

Известно множество способов удаления воды из топлива (отстаивание, центрифugование, фильтрация и т. д.). Эти способы достаточно эффективны для удаления свободной воды из топлива. Однако для удаления эмульсионной и особенно растворенной воды они малоэффективны [2, 7].

Результаты и обсуждение. Для улучшения процесса удаления воды (в различных ее состояниях) из дизельного топлива нами предлагается использование установки (патент РФ № 129565 [9]), принцип действия которой основан на том, что при низких температурах (ниже 0 °C) вода переходит в твёрдое состояние; дизельное же топливо при этом сохраняет текучесть (остается в жидком состоянии). Схема такой установки представлена на рисунке 1.

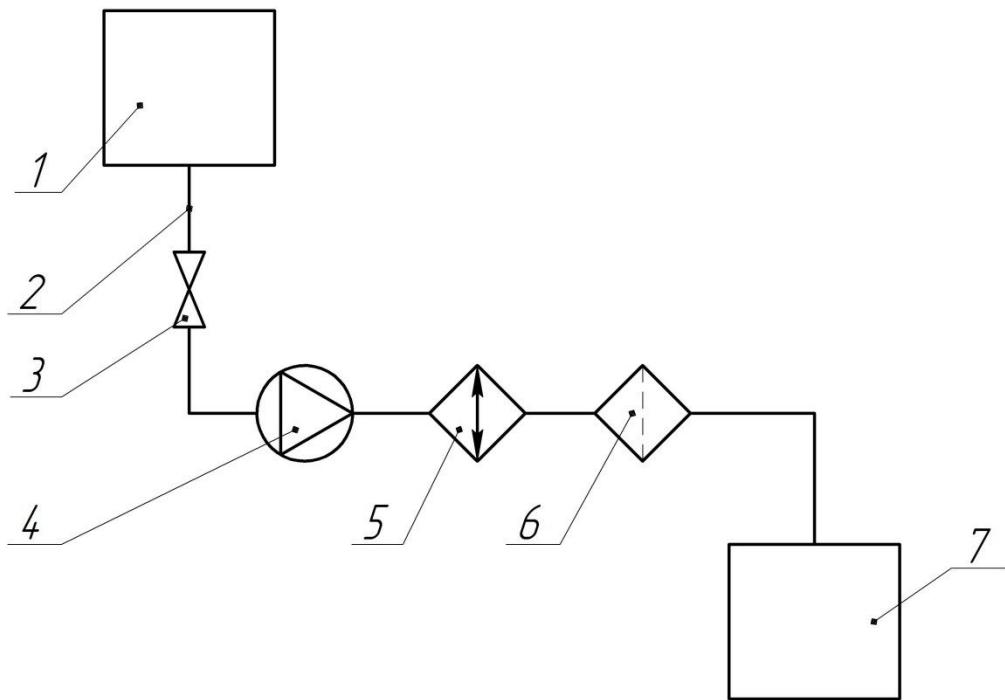


Рисунок 1 – Схема установки для очистки дизельного топлива:

1 – ёмкость для топлива; 2 – трубопровод; 3 – запорная арматура; 4 – нагнетающий насос; 5 – охладитель (чиллер); 6 – фильтр тонкой очистки; 7 – ёмкость для очищенного топлива

В процессе очистки загрязнённое топливо из ёмкости 1 по трубопроводу 2 с помощью нагнетающего насоса 4 поступает в охладитель 5, в котором происходит охлаждение и кристаллизация воды. Далее охлаждённое топливо с частицами образовавшегося льда пропускают через фильтр тонкой очистки 6, где в результате фильтрации на гидрофильтрной пористой перегородке происходит очистка топлива от воды; далее очищенное топливо поступает ёмкость 7.

Данная установка предлагается для использования в составе топливораздаточных колонок при заправке дизельного топлива в баки мобильных машин.

Заключение. Таким образом, использование предлагаемой установки для обезвоживания дизельного топлива позволит предотвратить преждевременный выход из строя агрегатов дизельной топливной аппаратуры вследствие повышенной обводнённости дизельного топлива. При этом, вследствие увеличения обводнённости дизельного топлива при его хранении, хозяйства смогут своими силами обеспечить требуемое качество используемого дизельного топлива.

Список использованной литературы.

1. Абрамов, С. В. Обоснование очистки дизельного топлива от воды в электростатическом проточном водоотделителе [Текст] / С. В. Абрамов, Б. П. Загородских, П. В. Кузин // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. – 2014. – № 6 – С. 42-46.
2. Абрамов, С. В. Очистка дизельного топлива от воды при эксплуатации сельскохозяйственной техники [Текст] / С. В. Абрамов, Б. П. Загородских, Д. С. Маяков // Труды ГОСНИТИ; Т. 115, 2014. – С. 38-41.
3. Власов, П. А. Особенности эксплуатации дизельной топливной аппаратуры [Текст] / П. А. Власов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 127 с.
4. Епишин, Г. А. Влияние воды и механических примесей на износ прецизионных деталей дизельной топливной аппаратуры [Текст] / Г. А. Епишин, П. В. Кузин, С. В. Абрамов // Вестн. Сарат. госуд. аграрн. ун-та им. Н. И. Вавилова. – 2008. – № 8. – С. 58-63.
5. Загородских, Б. П. Влияние обводнённости дизельного топлива на работоспособность прецизионных деталей топливной аппаратуры [Текст] / Б. П. Загородских, С. В. Абрамов, Д. С. Маяков // Матер. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию Победы в Великой отечественной войне 1941-1945. Т. 2. – 2015. – С. 27-30.
6. Коваленко, В. П. Загрязнения и очистка нефтяных масел [Текст] / В. П. Коваленко. – М.: Химия, 1978. – 304 с.
7. Коваленко, В. П. Обеспечение промышленной чистоты нефтепродуктов – одна из приоритетных задач химмотологии [Текст] / В. П. Коваленко, Н. Е. Сыроедов // Технологии нефти и газа. – 2014. – № 5(94). – С. 24-30.
8. Кузин, П. В. Оценка загрязненности и обводненности дизельного топлива, поступающего в топливный насос транспортного средства [Текст] / П. В. Кузин, В. А. Абрамов // Аграрная наука в XXI веке: проблемы и перспективы: матер. III Всерос. науч.-практ. конф. – Саратов: ИЦ «Наука», 2009. – С. 197-201.
9. Пат. 129565 Российская Федерация, МПК F02M 31/20, F02M 37/22. Установка для очистки дизельного топлива [Текст] / Загородских Б. П., Абрамов С. В., Маяков Д. С.; заявитель и патентообладатель Сарат. госуд. аграрн. ун-т им. Н. И. Вавилова. – № 2012157583/06; заявл. 26.12.12; опубл. 27.06.13, Бюл. № 18. – 4 с.
10. Уханов, А. П. Работоспособность топливной системы тракторных дизелей в условиях переменного климата [Текст] / А. П. Уханов. – М.: Информагротех, 1995. – 40 с.

АГРОНОМИЯ

Научная статья

УДК 631.81.036

Л.О. Канда

Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, Россия

ХРАНЕНИЕ СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПОСРЕДСТВОМ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация: В статье рассматривается использование ультразвуковых технологий для оптимизации процессов хранения и реализации семенного фонда сельскохозяйственных культур. Описываются ультразвуковая обработка при восстановлении жизнеспособности семян после длительного хранения, использование ультразвуковых технологий в установках по сушке семян.

Ключевые слова: ультразвуковые технологии, ультразвуковая обработка, семена сельскохозяйственных культур, хранение

L.O. Kanda

Bunin Yelets State University, Yelets, Russia

STORAGE OF AGRICULTURAL CROPS SEEDS USING ULTRASONIC TECHNOLOGIES

Annotation: The article discusses the use of ultrasonic technologies to optimize the processes of storage and distribution of seed stock for agricultural crops. It describes ultrasonic treatment for restoring seed viability after long-term storage and the use of ultrasonic technologies in seed drying equipment.

Keywords: ultrasonic technologies, ultrasonic treatment, agricultural crops seeds, storage

Введение. Ультразвуковая обработка считается дешевой, безопасной, простой и экологически чистой технологией. Применение ультразвука в сельском хозяйстве является одной из тем исследований применения новых технологий в физике для крупномасштабного сельскохозяйственного производства в современных реалиях [1]. Длительное хранение посевного

материала – это распространённая практика в рамках отрасли, по тем или иным причинам семена могут храниться несколько лет. В связи с протекающими физиологическими процессами семена со временем теряют качественные показатели, такие как всхожесть и энергия прорастания. Существует несколько методов повышения жизнеспособности семян, но, по многим причинам, наиболее оптимальным является ультразвуковая обработка в растворах.

Ещё одним важным аспектом хранения зерна является его первичная переработка для длительного хранения. После уборки зерно подрабатывают, то есть избавляют от лишних фракций и компонентов и усушивают до кондиционных значений в зависимости от взятой культуры. Традиционные методы сушки для ускорения процесса подразумевают нагрев семян, что для большинства культур влечёт за собой понижение жизнеспособности будущего посевного материала. Как альтернативу данному методу можно рассмотреть ультразвуковую сушку, являющуюся перспективным методом для современных производств [2].

Ультразвуковая обработка при восстановлении жизнеспособности семян после длительного хранения. Методы восстановления старых семян, существующие на данный момент, предполагают создание условий стресса посредством температурных колебаний или воздействия химических веществ, но данные методы имеют существенные недостатки и, как правило, редко применяются на практике. Одним из выходов в сложившейся ситуации является использование мягкого воздействия кавитационных эффектов при ультразвуковой обработке в водных растворах.

Ультразвуковая обработка увеличивает пористость семян за счет акустической кавитации, облегчая доступ кислорода и стимулируя поглощение воды, которые необходимы семенам для инициирования первого этапа прорастания. Ранее проведённые исследования показали, что ультразвуковые волны могут эффективно ускорять метаболизм крахмала за счет активации фермента (альфа-амилазы), образуемого во время прорастания семян. Например, всхожесть семян ячменя при ультразвуковой обработке можно увеличить примерно на 4,2–6,5 % по сравнению с контрольным вариантом без обработки, а период прорастания при этом значительно сокращается на 30–45%. На графике (рис.1) представлены данные анализа лабораторной всхожести и энергии прорастания (4-5-й день). Данные параметры необходимы для получения представления эффективности ультразвуковой обработки семян после длительного хранения семян русской дикой ржи (7 лет хранения) и овсяницы тростниковой (6 лет хранения) [3].

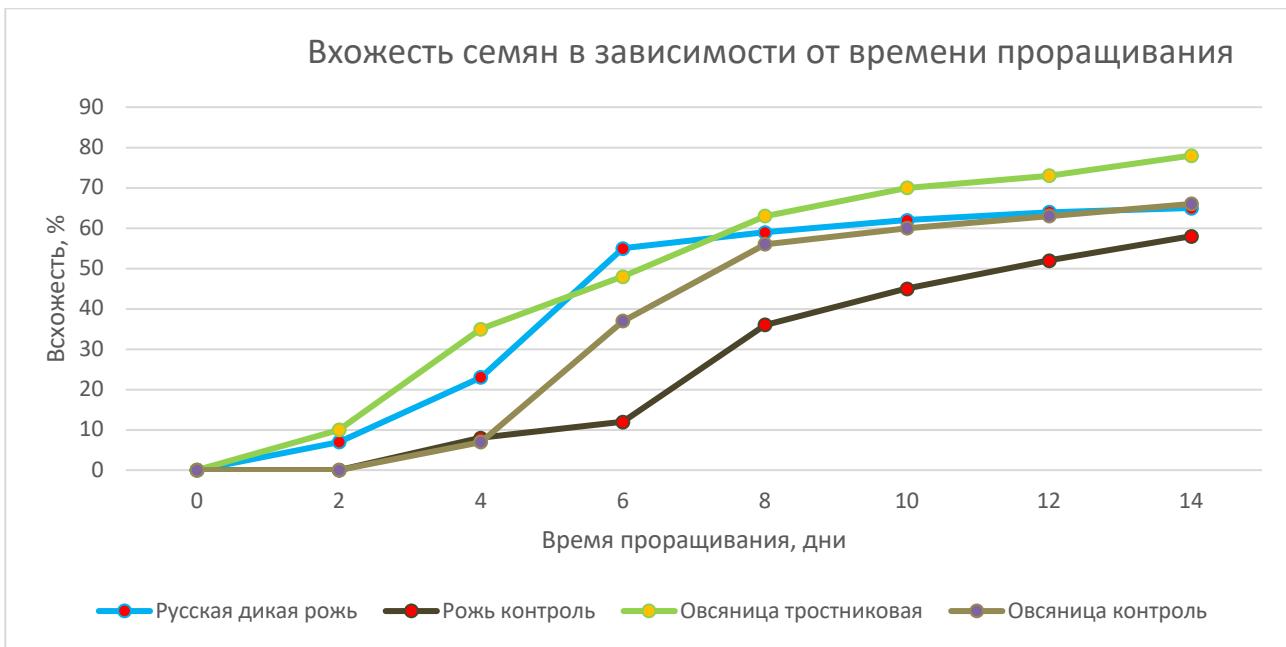


Рисунок 1. Всхожесть обработанных и контрольных партий семян русской дикой ржи и овсяницы тростниковой

Таким образом, ультразвуковая обработка оказала положительное влияние на прорастание старых семян и их дальнейшее развитие, что послужило основным доказательством дальнейшего применения ультразвуковой обработки для предварительной обработки старых семян сельскохозяйственных культур. Наиболее оптимальные условия протравливания в рамках данных опытов были достигнуты при соблюдении четырех основных параметров обработки: время обработки ультразвуком 36,7 мин, температура обработки ультразвуком 35°C, выходная мощность 367 Вт и время предварительного замачивания семян 4,1 часа [3].

Использование ультразвуковых технологий в установках по сушке семян. Обычно используют естественную или конвекционную сушку. В первом случае процесс очень длителен и зависит от климатических условий. Во втором случае процесс сушки характеризуется большими энергозатратами и изменением свойств продуктов из-за термического воздействия [2].

Альтернативным вариантом может быть использование акустических сушилок, оборудованных пьезоэлектрическими преобразователями для генерации ультразвуковых колебаний. Одной из особенностей таких установок является постоянность влагоотдачи, так как при испарении влаги из внешних слоёв семян в силу вступают кавитационные эффекты, и влага из более глубоких слоёв быстрее перемещается к поверхности. Процесс проводится до тех пор, пока не будет достигнут желаемый результат.

Типичная конструкция таких агрегатов включает в себя внутреннюю камеру (технологический объем для изделий), имеющую форму тороида и

расположенную в области вторых фокусов. Благодаря геометрическим свойствам эллипса, вся ультразвуковая энергия, излучаемая пьезоэлектрическими преобразователями, концентрируется в технологическом объеме изделия. Такая конструкция позволяет значительно снизить энергопотребление и габаритные размеры по сравнению с традиционными установками конвекционной сушки [2].

Также стоит учитывать, что дальнейшее развитие ультразвуковых технологий в сельском хозяйстве позволит внедрить малогабаритные установки для небольших предприятий, сочетающие обработку давлением или теплом, синергетический эффект которых позволит ультразвуковой обработке стать ещё более эффективной при инактивации микроорганизмов и ферментов, таких как пероксидаза и липооксигеназа, увеличивая тем самым сроки хранения зерна и пищевых продуктов [3].

Заключение. В рамках данной работы рассмотрено одно из основных направлений применения ультразвуковых технологий в сельском хозяйстве. В итоге можно сделать вывод, что семена, находившиеся на длительном хранении, в достаточно значительной степени теряют свои посевные качества. Ультразвуковая обработка, в свою очередь, позволяет повысить всхожесть и сократить время прорастания семян, таким образом в полевых условиях появляется возможность получить дружные всходы даже при посеве старых семян. Активное развитие ультразвуковых технологий также позволяет внедрять энергоэффективные и ресурсосберегающие методы обработки семян в крупногабаритные установки для дегидратации. Данный метод усушки позиционируется, в первую очередь, как метод, при котором не применяется тепловая обработка, и это позволяет в большей степени сохранить исходные свойства сырья.

Список использованной литературы.

1. Bao G., Zhou Q., Li S., Ashraf U., Huang S., Miao A., Cheng Z., Wan X. and Zheng Y. Transcriptome Analysis Revealed the Mechanisms Involved in Ultrasonic Seed Treatment-Induced Aluminum Tolerance in Peanut. *Front. Plant Sci.* 12:807021. doi: 10.3389 / fpls.2021.807021. 2022.
2. Khmelev V.N., Lebedev A.N., Khmelev M.V. Ultrasonic drying and presowing treatment of seeds // Proceedings. 6th Annual. 2005 International Siberian Workshop and Tutorials on Electron Devices and Materials. Biysk Technological Institute (branch) of Altay State Technical University named after I.I. Polzunov Biysk, 2005.

3. Liu J., Wang Q., Karagić D. Effects of ultrasonication on increased germination and improved seedling growth of aged grass seeds of tall fescue and Russian wildrye // *Scientific reports* / 6:22403 / DOI: 10.1038 / srep22403. 2016.

Научная статья
УДК 635.587.5

T.B. Соромотина

Пермский государственный аграрно-технологический университет, Россия

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕЛЕНОГО ЛУКА ПРИ ВЫГОНКЕ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД В «АГРОФИРМА УСАДЬБА» ПЕРМСКОГО КРАЯ

Аннотация: В 2024-2025 году в ООО «Агрофирма Усадьба» Пермского края в зимней обогреваемой теплице проведены исследования по электростимуляции при выгонке лука репчатого за счет двух полимерных гибких электродов. Установлено, что применение в технологии выгонки лука репчатого электростимуляции способствует достоверному увеличению основных биометрических показателей, массы одного растения, а также общей и товарной урожайности.

Ключевые слова: электростимуляция, выгонка зеленого лука, масса растения, урожайность, товарность.

T.V. Soromotina

Perm State Agrarian and Technological University, Perm, Russia

THE EFFECT OF ELECTRICAL STIMULATION ON THE YIELD OF GREEN ONIONS DURING WINTER DISTILLATION AT THE FARMSTEAD OF PERM REGION

Annotation: In 2024-2025, in «Agrofirma Usadba» LLC, Perm region, in a winter heated greenhouse, studies were conducted on electrical stimulation during onion distillation using two polymer flexible electrodes. It has been established that the use of electrostimulation in onion distillation technology contributes to a significant increase in basic biometric indicators, the weight of one plant, as well as total and marketable yields.

Keywords: electrical stimulation, green onion distillation, plant weight, yield, marketability.

Введение. Экспериментальные данные большинства исследований подтверждают, что обработка растений электрическими и магнитными полями является эффективным приемом, оказывающим значительное влияние на

продуктивность агроценозов. Физиологической основой изучаемых эффектов является способность слабого электрического тока модулировать основные метаболические процессы, такие как фотосинтез, дыхание и поглощение питательных элементов. Применение искусственной стимуляции позволяет искусственно ускорить фотосинтез и другие обменные процессы, протекающие во всех частях растений, если по ним пропустить слабый электрический ток. Механизм воздействия электротоков на систему «растение-среда» является комплексным. Одним из значимых факторов является ионизация почвенного раствора, которая приводит к интенсификации химических и биохимических реакций. Это, в свою очередь, стимулирует активность почвенной микрофлоры, усиливает подвижность влаги и разлагаются вещества, которые плохо усваиваются растениями, на более простые и легкоусвояемые [1,5,8].

Известны различные способы создания токов в почве. Например, за счет добавления металлических элементов в почву, согласно патенту на изобретение «Способ электростимуляции жизнедеятельности растений».

Существуют и различные нетрадиционные методы электростимуляции. Например, известно устройство для стимуляции роста растений под названием «Электрограммка».

Наиболее близким к естественному, по мнению многих авторов, является применение низкочастотного электромагнитного поля низкой напряженности, так как естественное электромагнитное поле земли, также низкочастотное. Применение этого способа дает возможность для более широкого варьирования частот ЭМП и создает возможность генерации модулированного по амплитуде и частоте ЭМП, с заданной формой сигнала [2,4,7].

Исследования Института физиологии растений им. К.А. Тимирязева установили прямую зависимость интенсивности фотосинтеза от разности электрических потенциалов между растением и атмосферой. Экспериментально установлено, что приложение к растению отрицательного потенциала (в диапазоне 500-2500 В) вызывает увеличение скорости фотосинтеза, в то время как выравнивание потенциалов приводит к прекращению поглощения CO₂.

Существуют и другие устройства для электростимуляции роста растений, основанные на генерации высоковольтных полей. Например, применяются надземные проволочные электроды (потенциал до 20-60 кВ) и заземленные электроды, создающие коронный разряд. Для стимуляции развития и роста растений использует сферический электрод из металлической сетки на изолирующих опорах, питаемый от источника высокого напряжения со сменной полярностью [3,6, 8].

Сегодня для стимуляции роста растений применяют разнообразные методы различной физической природы, включая лазерное и ультразвуковое

излучение, холодную плазму, а также электрические, магнитные и электромагнитные поля.

Основные затраты при выращивании овощных культур в условиях защищенного грунта приходятся на обогрев и искусственное освещение, что в условиях роста цен на энергоносители делает задачу повышения энергоэффективности оборудования критически важной.

В связи с этим, очевидна необходимость совершенствования уже имеющихся способов и устройств и, разработки новых, способных обеспечить ускорение процессов вегетации, при минимальных затратах энергии.

Цель работы – изучить влияние устройства электростимуляции жизнедеятельности растений за счет двух полимерных гибких электродов на динамику роста, развития и урожайность лука репчатого при выращивании на зелень.

Закладку опыта проводили в ООО «Агрофирма Усадьба» Пермского края в зимней обогреваемой теплице по ходоговору.

Изучаемый фактор – способ обработки:

A_1 – без электростимуляции (контроль);

A_2 – с электростимуляцией.

Объект изучения – лук репчатый «Штутгarter Ризен». Средняя масса луковицы в зависимости от крупности составила – 55 г. Схема посадки лука репчатого – мостовая. Опыт был заложен на четырех раздвижных столах, размер стола – 4×2 м, площадь – 8м^2 .

Заказчиком было предоставлено устройство электростимуляции жизнедеятельности растений для проведения опыта.

В качестве анодов и катодов были использованы электроды протяженные маслобензостойкие типа ЭПМ (наружный диаметр электрода – 25 мм, длина рабочей поверхности – 4 м) производства ООО ЗНГА «Анодъ».

Количество анодов на один стол составило 3 шт., катодов 4 шт.

Аноды и катоды были подключены к источнику питания, работающим в режиме стабилизации тока на уровне 200 мА.

Глубина залегания кабеля до 10 см. Выходные параметры источника (напряжение и ток) непрерывно записывались встроенным в него регистратором данных на съемную карту памяти. Суммарная плотность тока, стекающего с анодов в каждом столе, составила $21,2 \text{ мкА/см}^2$.

Температуру воздуха в теплице в зависимости от фазы и развития растения и наружной температуры поддерживали на уровне $15-20^\circ\text{C}$, влажность грунта 70-75 % обеспечивали за счет систематического полива.

Результаты исследований. Исследованиями установлено, что электрическое поле влияет не только на рост и развитие взрослых растений, но и

стимулирует начальный рост проростков. Из биометрических показателей в динамике определяли – высоту растений (см), количество листьев (шт.), площадь ассимиляционной поверхности (см²).

Исследованиями установлено, что высота растений лука варьировала в зависимости от варианта опыта, достигая значений от 31,2 до 36,6 см. Наибольший показатель был зафиксирован в варианте с применением электростимуляции, где статистически значимая прибавка к контролю составила 4,5 см, или 14,2 %.

Количество листьев на одном растении увеличилось незначительно и находилось в пределах стандартной ошибки опыта (12,2-12,4 шт.). Существенная прибавка к контролю была отмечена по показателю «площадь листовой поверхности», где увеличение достигло 70,0 см², что соответствует 27,9 %.

Урожайность зеленого лука зависит от таких показателей, как густота посадки и продуктивность одного растения, в том числе товарная, от уровня которой зависит эффективность выращиваемой культуры.

Структура растения лука репчатого в зависимости от изучаемых факторов, представлена в таблице 1.

Таблица 1

Структура растения зеленого лука, 2025 г.

Вариант опыта	Показатели структуры растения						
	общая масса раст-я, г	в т.ч. масса корней, г	кол-во побегов, шт.	масса товарной (съедобной) части, г	% товарной части	масса маточной луковицы, г	длина корневой сист., см
Без электростимуляции (A ₁)	69,7	7,8	2,3	33,3	47,7	28,6	24,6
С электростимуляцией (A ₂)	82,5	9,97	2,7	35,1	42,9	37,4	26,0
HCP ₀₅	8,24	0,96	F ₀₅ <F ₀₅	0,83	F ₀₅ <F ₀₅	3,65	F ₀₅ <F ₀₅

За время выгонки у растений сформировалось от 1,8 до 3,0 штук побегов, большее их значение отмечено на делянках с электростимуляцией.

Общая биомасса одного растения на момент уборки варьировала в диапазоне от 51 до 95 г. Средние значения по вариантам опыта составили: в контроле (A₁) — 69,7 г, при электростимуляции (A₂) — 82,5 г. Статистически значимая прибавка массы в опытном варианте относительно контроля достигла 12,8 г, или 18,4 %.

Применение стимуляции оказало положительное влияние на развитие корневой системы, на долю которой приходится в весовом отношении 7,8-9,97 г или 11,2-12,2 % от общей массы растения. В вариантах с обработкой корневая система была более развитой, превосходящая контроль по длине на 26,0 см.

Масса маточной луковицы варьировала от 28,6 до 37,4 г, что соответствовало 41,0-45,3 % от общей биомассы растения.

Основную часть растения должна составлять товарная или съедобная часть растения, которая отправляется на реализацию и от показателя которой зависит товарная урожайность и эффективность производства. Доля товарной части в весовом отношении варьировала по повторениям от 26,4 до 42,1 г, в процентном отношении – 35,4-54,7 %. Большой показатель в весовом отношении был у растений, где применяли стимуляцию, прибавка составила 5,4 %. Однако более высокое процентное содержание товарной части относительно общей массы растения отмечено в контроле (47,7 %).

Урожайность зеленого лука представлена в таблице 2.

Таблица 2

Урожайность зеленого лука в зависимости от изучаемых факторов, кг/м².

Вариант опыта	Посажено всего, шт./м ²	Общая масса растения, г	Урожайность общая, кг	Масса товарной (съедобной) части, г	Урожайность товарная, кг
Без электростимуляции	247,2	69,7	17,2	33,3	8,2
С электростимуляцией	265,7	82,5	21,9	35,1	9,4
HCP ₀₅		8,24	3,40	F _Φ <F ₀₅	0,65

Анализ данных, представленных в таблице 2, показывает, что общая урожайность зеленого лука в контролльном варианте (A₁) варьировала от 11,6 до 22,3 кг/м², в среднем по фактору A₁ – 17,2 кг/м².

На опытных делянках с применением электростимуляции (вариант A₂) показатель общей урожайности увеличился до 20,7-22,9 кг/м², в среднем по фактору A² – 21,9 кг/м². Абсолютная прибавка к контролю составила 4,7 кг/м², что соответствует 27,3 %.

Вместе с тем, товарная (съедобная) урожайность, определяемая массой части растения, предназначеннной для реализации, имела иную динамику. В контролльном варианте (A₁) товарная масса варьировала от 19,7 до 30,9 кг/м², составив в среднем 24,3 кг/м². В варианте с электростимуляцией (A₂) данный показатель находился в диапазоне 24,4-28,4 кг/м² при среднем значении 26,2 кг/м². Статистически незначимая прибавка товарной урожайности к контролю составила 1,9 кг/м², или 7,8 %.

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы: применение технологии электростимуляции в процессе выгонки зеленого лука оказывает положительное влияние на рост и продуктивность

культуры. Установлено достоверное увеличение основных биометрических показателей, массы одного растения, а также общей и товарной урожайности.

Предлагаемое устройство является эффективным, с агротехнической и экономической точек зрения. Это обусловлено его низкими энергозатратами, безопасностью эксплуатации, экологической чистотой применяемого воздействия, а также простотой внедрения в технологический процесс и последующего обслуживания.

Список использованной литературы.

1. Васильев, С.И. Электромагнитное стимулирование семян и растений / С.И. Васильев, С.В. Машков, М.Р. Фатхутдинов // Сельский механизатор. – 2016. – № 7. – С. 8-9.
2. Васильев С.И. Электромагнитная стимуляция растений в условиях защищенного грунта / С. И. Васильев, С.В. Федоров // Вклад молодых ученых в аграрную науку: мат. Международной научно-практической конференции. – Кинель: РИЦ СГСХА, 2016. – С. 341-343.
3. Васильев, С.И. Электромагнитная стимуляция растений в условиях защищенного грунта / С.И. Васильев, С.В. Федоров // Овощеводство и тепличное хозяйство. – 2018. – № 6. – С. 12-15.
4. Воробьев, В.А. Влияние электрического тока на развитие растений / В.А. Воробьев, Ю.Г. Иванов // Агроинженерия. – 2017. – № 4 (80). – С. 45-49.
5. Гордеев, А.С. Энергосбережение в сельском хозяйстве / А.С. Гордеев, Д.Д. Огородников, И.В. Юдаев. – СПб. : Лань, 2014. – 384 с.
6. Гуреева, М.А. Влияние электростимуляции на растения через корневую систему / М.А. Гуреева // Точная наука. – 2018. – № 21. – С. 18-21.
7. Лебедев, С.И. Влияние импульсных электрических полей на рост томатов в защищённом грунте / С.И. Лебедев, И.А. Шульгин // Агрофизика. – 2020. – № 4. – С. 45-52.
8. Сидоров, Д.К. Электростимуляция корневой системы растений: эксперименты и моделирование / Д.К. Сидоров, Е.М. Петрова // Современные проблемы агрофизики: материалы VII Международной конференции. – СПб., 2021. – С. 134-140.

Научная статья
УДК 635.611

T.V. Соромотина, Е.В. Ташкинов

Пермский государственный аграрно-технологический университет, Россия

ВЛИЯНИЕ ГУСТОТЫ ПОСАДКИ НА СТРУКТУРУ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ ДЫНИ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В СРЕДНЕМ ПРЕДУРАЛЬЕ

Аннотация: Научно-исследовательская работа была проведена в 2024-2025 году в учебно-научном центре «Липогорье» Пермского ГАТУ. Был заложен двухфакторный опыт. Фактор А – сорта дыни: Сладкоежка и Золотой нектар. Фактор В – схема и густота посадки: 100×50 см (2,0 шт./ m^2); 100×60 см (1,8 шт./ m^2); 100×70 см (1,6 шт./ m^2); 140×50 см (1,4 шт./ m^2); 140×60 см (1,2 шт./ m^2); 140×70 см (1,1 шт./ m^2) (к). Возраст рассады – 35 дней. Результатами исследований установлено, изреженные посадки дыни способствуют получению более высокой урожайности. Максимальная урожайность плодов у сорта Сладкоежка (12,4 т/га) и сорта Золотой нектар (15,5 т/га) отмечена в варианте при выращивании их со схемой 140×50 см и густотой посадки 1,4 шт./ m^2 .

Ключевые слова: дыня, густота посадки, структура урожайности, сорт, товарность продукции.

T.V. Soromotina, E.V. Tashkinov

Perm State Agrarian and Technological University, Perm, Russia

THE EFFECT OF PLANTING DENSITY ON THE YIELD STRUCTURE AND QUALITY OF MELON PRODUCTS WHEN GROWN IN THE MIDDLE URALS

Annotation: The research work was carried out in 2024-2025 at the Lipogorye Educational and Scientific Center of the Perm State Pedagogical University. A two-factor experience was established. Factor A – melon varieties: Sladkoyezhka and Zolotoy nektar. Factor B – scheme and planting density: 100×50 cm (2,0 pcs/ m^2); 100×60 cm (1,8 pcs/ m^2); 100×70 cm (1,6 pcs/ m^2); 140×50 cm (1,4 pcs/ m^2); 140×60 cm (1,2 pcs/ m^2); 140×70 cm (1,1 pcs/ m^2) (c). The age of seedlings is 35 days. The research results have shown that sparse melon plantings contribute to higher yields. The maximum fruit yield of the Sladkoyezhka variety (12,4 t/ha) and the Zolotoy

nectar variety (15,5 t/ha) was noted in the variant when growing them with a 140×50 cm scheme and a planting density of 1.4 pcs/m².

Keywords: melon, planting density, yield structure, variety, marketability of products.

Введение. Возделывание бахчевых культур, в частности дыни, в регионах с рискованным земледелием, к которым относится Пермский край, сопряжено с рядом трудностей. Короткий безморозный период, недостаток суммы активных температур и повышенная влажность обуславливают необходимость тщательного подбора скороспелых сортов и разработки адаптивных элементов технологии возделывания [2].

Одним из ключевых агротехнических приемов, регулирующих фитомикроклимат посадок, доступность ресурсов и, как следствие, продуктивность растений, является густота посадки растений [8].

Установление рациональной густоты и схемы размещения растений является критически важным элементом агротехники, поскольку эти параметры определяют структурные характеристики ценоза, ростовые процессы, итоговую урожайность и качество продукции.

Густота посадки, как ключевой компонент структуры урожая, непосредственно определяет степень конкуренции между растениями за ресурсы (свет, влагу, питательные вещества) и, как следствие, условия для их индивидуального развития и продуктивности [3].

Корректировка данного показателя позволяет управлять формированием агроценоза.

Целенаправленное изменение густоты посадки позволяет формировать среду, наиболее благоприятную для реализации генетического потенциала культуры и формирования урожая.

Схемы посева, площади питания бахчевых культур выбирают с учетом биологических особенностей культуры и сорта, почвенно-климатических особенностей районов, а также назначения посева, агротехники и наличия сельскохозяйственных машин.

Площадь питания растений дыни влияет на рост, развитие, продуктивность и качественные показатели плодов. Таким образом, выбор площади питания растений дыни влияет на различные агробиологические показатели культуры.

Растения ранних сортов имеют менее развитую вегетативную массу и требуют меньшей площади питания. При посеве семян ранних сортов с большими площадями питания отмечается недобор урожая с единицы площади [10].

При посеве семян поздних сортов с малыми площадями питания снижаются размеры плодов, их сахаристость. Умеренное загущение посевов способствует ускоренному созреванию плодов, повышению урожайности, но размеры плодов уменьшаются по сравнению с оптимальными площадями питания.

В районах недостаточного увлажнения и на малоплодородных почвах бахчевым растениям требуется большая площадь питания. На плодородных и хорошо обеспеченных влагой почвах растения размещают гуще, чем на малоплодородных [6].

На основании многолетних исследований, проведенных в бахчесеющих районах РФ, в большинстве случаев используют следующие схемы посева или посадки: $(1,4 \times 0,7)$; $(1,4 \times 1,4)$; $(1,4 \times 2,1)$; $(2,1 \times 2,1)$; $(2,1 \times 2,8)$; $(2,8 \times 2,8)$ м. Например, в Астраханской области чаще всего используют схемы посева семян $1,4 \times 0,7$ м или $1,4 \times 1,4$ м; в Волгоградской области – $2,5 \times 0,8-1$ м [6].

Исследованиями Масленниковой Е. С. (2017), которые были проведены в 2015-2016 гг. на Быковской бахчевой селекционной опытной станции в засушливых условиях Волгоградского Заволжья, установлено, что уменьшение площади питания до $1,05$ м² оказывает значительное влияние на продуктивность и вегетационные характеристики среднеспелых сортов дыни Прима и Идиллия [5].

Многочисленными исследованиями подтверждено, что оптимизация схемы посева, площади питания и густоты посадки растений является значимым агротехническим фактором, оказывающим непосредственное влияние на их рост и развитие. Данный агроприем способствует активизации процессов фотосинтеза, что, в конечном итоге, положительно сказывается на величине и качестве урожая [5,9,10].

Цель исследований – изучить влияние схемы размещения растений и густоты посадки на величину урожайности и качество продукции сортов дыни при выращивании в Пермском крае.

Материал и методы. В 2024 году на базе УНЦ «Липогорье» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Пермского государственного аграрно-технологического университета был заложен эксперимент и проведены исследования.

Почва опытного участка – дерново-среднеподзолистая среднесуглинистая высокоокультуренная: гумус – 7,2%; рН_{KCl} – 6,9; Р₂O₅ и K₂O – 496 и 412 мг/кг почвы, соответственно.

Закладку опыта проводили в полевых условиях в соответствии с существующими методиками [3,6].

Опыт – двухфакторный.

Фактор А – сорта дыни: А₁ – Сладкоежка (к); А₂ – Золотой нектар.

Фактор В – схема и густота посадки:

В₁ – 100×50 см (2,0 шт./м²); В₂ – 100×60 см (1,8 шт./м²);

В₃ – 100×70 см (1,6 шт./м²); В₄ – 140×50 см (1,4 шт./м²);

В₅ – 140×60 см (1,2 шт./м²); В₆ – 140×70 см (1,1 шт./м²) (к).

Повторность вариантов в опыте – четырехкратная.

Размещение вариантов – систематическое.

Для посева использовали семена возрастом 3-4 года, обработку которых от вирусных и грибных заболеваний провели посредством термической обработки.

Посев семян на рассаду был осуществлён в первой декаде мая 2024 года. При этом в каждый пластиковый стакан объемом 0,8 л сеяли по 1-2 семени.

Возраст рассады на момент посадки в открытый грунт составил 35 дней.

Посадку рассады в открытый грунт провели 10 июня, при температуре почвы 12-15 °С. Уход за растениями включал полив по мере необходимости, рыхление, проведение подкормок, формирование растений. Учёт урожая сплошной, поделяночный, по мере поспевания плодов с оценкой их товарности.

Сбор плодов, достигших товарной готовности, осуществлялся вручную с третьей декады августа до второй декады сентября. Созревание дыни определяли по комплексу признаков:

- Полное усыхание плодоножки.
- Легкое отделение плода от плодоножки.
- Упругая и равномерно окрашенная корка, пружинящая при надавливании.
- Специфический глухой звук при постукивании.
- Отсутствие повреждений, подгнивших участков.
- Насыщенный душистый аромат.

Согласно требованиям ГОСТ 7178-2015, продукция должна соответствовать следующим критериям: быть чистой, целой, здоровой и не содержать избыточной внешней влаги, а также соответствовать установленным стандартам по форме и окраске, характерным для данного ботанического вида [1].

Результаты и обсуждения. Вегетационный период 2024 года характеризовался значительными колебаниями температур. Меньшая сумма активных температур (выше +10°C) была отмечена в мае – 71,5°C, тогда как пиковое значение пришлось на июль – 584,3°C. Общий показатель за сезон (май-сентябрь) достиг 2055°C.

Количество осадков, в основном, превышало среднемноголетние нормы, что в целом негативно сказалось на урожае. Так, обильные дожди в июле и августе спровоцировали вспышки антракноза и мучнистой росы, приведя к

растрескиванию и гниению плодов. В то же время июньские осадки в сочетании с высокой температурой воздуха благоприятно повлияли на укоренение и рост рассады после её высадки.

Количество растений на единице площади, схема их размещения, погодные условия вегетационного периода, сортовые особенности оказали влияние на урожайность и товарность продукции дыни, данные которых приведены в таблице 1.

Таблица 1

Элементы структуры урожайности дыни в зависимости от скороспелости сорта и густоты посадки, 2024 г.

Сорт (A)	Густота посадки, шт./м ² (B)	Количество плодов, шт.	Средняя масса плода, г.	Урожайность		+ - к контролю	Товарность, %
				кг/раст	т/га		
Сладкоежка (к)	2,0	1,4	408	571	11,4	-0,3	58,8
	1,8	1,5	442	663	12,0	+0,3	71,4
	1,6	1,6	479	766	12,3	+0,6	55,5
	1,4	1,8	490	882	12,4	+0,7	66,6
	1,2	1,9	521	990	11,9	+0,2	52,6
	1,1(к)	2,1	506	1063	11,7	-	47,6
Среднее		1,72	474,3	822,5	12,0	-	58,8
Золотой нектар	2,0	1,5	417	623	12,5	+0,8	62,5
	1,8	1,6	452	723	13,0	+1,3	66,6
	1,6	1,9	485	870	14,0	+2,3	52,6
	1,4	2,2	503	1107	15,5	+3,8	45,5
	1,2	2,0	575	1150	13,8	+2,1	58,8
	1,1	1,9	486	923	11,5	-0,2	55,5
	Среднее		1,90	486,3	899,3	13,4	-
HCP ₀₅ A		$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$		0,78		
HCP ₀₅ B		$F_{\phi} < F_T$	0,96		1,25		

Согласно результатам исследований 2024 года, показатель урожайности плодов дыни изменялся по вариантам опыта от 11,4 до 15,5 т/га. Установлены сортовые различия: у сорта Сладкоежка 11,4-12,4 т/га, в среднем по фактору A₁ – 12,0 т/га; у сорта Золотой нектар – 12,5-15,5 т/га, в среднем по A₂ – 13,4 т/га. Прибавка составила 1,4 т/га или 11,7 %.

Более высокая продуктивность у обоих сортообразцов была достигнута при густоте посадки – 1,6-1,4 шт./м²; у сорта Сладкоежка – 12,3-12,4 т/га, у сорта Золотой нектар – 14,0-15,5 т/га.

Результатами исследований установлено, что как в загущенных, так и в изреженных посадках происходит достоверное снижение урожайности

изучаемой культуры – у сорта Сладкоежка – 11,4-12,0 т/га и 11,7-11,9 т/га, у сорта Золотой нектар – 12,5-13,0 т/га и 11,5-13,8 т/га, соответственно.

Влияние ширины междурядий на продуктивность оказалось сортоспецифичным. При междурядье 100 см урожайность сорта Сладкоежка изменялась от 11,4 до 12,3 т/га, у сорта Золотой нектар – от 12,5 до 14,0 т/га. Увеличение ширины междурядий до 140 см способствует незначительному повышению данного показателя – 11,7-12,4 т/га и 11,5-15,5 т/га, соответственно.

Сорт Сладкоежка оказался менее чувствительным к изменению ширины междурядий, показав статистически незначительную прибавку к контролю – 0,2-0,7 т/га. В отличие от него, сорт Золотой нектар отреагировал более существенно: достоверная прибавка составила 0,8-2,3 т/га при выращивании дыни с междурядьем 100 см и 2,1-3,8 т/га с междурядьем 140 см.

Закономерности формирования урожайности находят подтверждение в её структуре. Анализ структуры урожая показал зависимость средней массы плода от ширины междурядий. При междурядье 100 см средняя масса плода составила 408-479 г у сорта Сладкоежка и 417-485 г у сорта Золотой нектар.

Увеличение ширины междурядий до 140 см привело к достоверному увеличению данного показателя до 490-521 г и 486-575 г соответственно, что в абсолютных значениях составило прибавку в 42-82 г и 69-90 г.

Установлена обратная зависимость между густотой посадки и массой плода. При загущении до 1,8-2,0 шт./м² формируются плоды с минимальной массой (408-452 г). Снижение густоты до 1,4-1,6 шт./м² способствовало увеличению массы плода до 479-485 г. Дальнейшее уменьшение густоты до 1,1-1,2 шт./м² привело к формированию наиболее крупных плодов массой 490-575 г. Во всех вариантах опыта сорт Золотой нектар стабильно формировал более крупные плоды.

Количество плодов на одном растении также зависело от густоты посадки и варьировало в пределах 1,4-2,2 штук. Максимальные значения данного показателя (1,8-2,2 шт./растение) отмечены при густоте 1,2-1,4 шт./м². Увеличение количества растений на единице площади до 1,8-2,0 шт./м² вызывало существенное снижение количества плодов до 1,4-1,6 шт./растение.

Показатель «продуктивность одного растения» имел аналогичную закономерность.

Товарные качества продукции определялись, в первую очередь, климатическими условиями вегетационного периода. В период формирования плодов температура воздуха значительно отличалась от оптимальных значений, а также наблюдалась повышенная влажность как почвы, так и воздуха. В результате большинство плодов дыни подверглись поражению фузариозом,

антракнозом и мучнистой росой, что негативно сказалось на товарных качествах продукции.

Товарность продукции варьировала по вариантам опыта от 46 до 71 %, наибольшие значения данного показателя были зафиксированы в вариантах с пониженной густотой посадки. Наиболее устойчивыми к поражению основными болезнями в условиях эксперимента оказались растения, посаженные с меньшей густотой посадки.

Качество плодов дыни оценивали по комплексу биохимических показателей, включающих содержание сухого вещества, общего сахара и нитратов. Анализ биохимических данных показал, что максимальное накопление сухого вещества и сахаров в плодах наблюдалось у обоих изучаемых сортов в вариантах с пониженной густотой стояния (1,1-1,2 шт./м²). Содержание нитратов в плодах варьировало в относительно узком диапазоне, и его среднее значение по опыту составило 77 мг/кг, что существенно ниже предельно допустимой концентрации.

Выводы. Результатами исследований установлено, в условиях 2024 года максимальная урожайность плодов у сорта Сладкоежка (12,4 т/га) и сорта Золотой нектар (15,5 т/га) получена в варианте при выращивании их по схеме 140×50 см и густотой посадки 1,4 шт./м².

Список использованной литературы.

1. ГОСТ 7178-2015. Дыни свежие. Технические условия: межгосударственный стандарт: дата введения 2017-01-01 / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – Изд. официальное. – Москва : Стандартинформ, 2016.
2. Иванов И.И. Бахчеводство в Нечерноземной зоне. / И.И. Иванов. – М.: Колос, 2020. – 200 с.
3. Колебошина, Т.Г. Рост и развитие растений дыни в зависимости от условий выращивания / Т.Г. Колебошина, С.И. Белов, Л.Н. Вербицкая // Овощи России. – 2019. – № 1. – С. 56-59.
4. Литвинов, С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве / С.С Литвинов. – М.: Россельхозакадемия, 2011. – 650 с.
5. Масленникова Е.С. Влияние площади питания на выход семян и индекс плода в первичном семеноводстве дыни / Е.С. Масленникова, Н.В. Кобкова, Е.А. Галичкина // Таврический вестник аграрной науки. – 2017. – № 2. – С. 71-77. – ISSN 2542-0720. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL:

<https://e.lanbook.com/journal/issue/309906> (дата обращения: 06.01.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — С. 1.).

6. Медведев Г.А. Бахчеводство : учебник для вузов / Г.А. Медведев, А.Н. Цепляев. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 192 с.
7. Методика Государственного сортотестирования сельскохозяйственных культур. Выпуск первый. Общая часть / ФГБУ «Госсорткомиссия». – М., 2019. – 329 с.
8. Петров П.П. Влияние агротехники на фитосанитарное состояние посевов бахчевых культур / П.П. Петров // Агрохимия. – 2022. – № 5. – С. 45-50.
9. Сальникова Т.А. Продуктивность дыни в зависимости от схемы посева / Т.А. Сальникова, В.В. Коринец, Е.И. Иванова, В.А. Мачулкина // Картофель и овощи. – 2006. – № 1. – С. 24.
10. Сиваков А.В. Возделывание дыни на загущенных посевах / А.В. Сиваков // Бахчеводство юго-востока России в 21 веке. Проблемы и пути решения : сборник материалов Международной научно-практической конференции. – Волгоград, 2007. – С. 58.

Научное издание

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ
УЧАСТИЕМ ИМЕНИ А.Ф. УЛЬЯНОВА

«ИННОВАЦИОННОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА»

Электронное издание

Адрес размещения: <https://www.vavilovsar.ru/nauka/konferencii-saratovskogo-gau/2025-g>

ISBN 978-5-7011-0892-7



9 785701 108927 >

Дата размещения 14.11.2025 г. Объем данных: 9,5 Мбайт.
Аналог печ. л. 16,4. Формат 60×84 1/16. Заказ №892

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Саратовский государственный университет генетики,
биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова»
Тел.: 8(8452)26-27-83, email: nir@vavilovsar.ru
410012, г. Саратов, пр-кт им. Петра Столыпина зд. 4, стр. 3.