

**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**

**Материалы XXXVIII Международной  
научно-технической конференции  
имени В.В. Михайлова  
«ПРОБЛЕМЫ ЭКОНОМИЧНОСТИ И  
ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ»**

**г. Саратов  
2025**

---

УДК 621.43.01(082)  
ББК 31.365  
П 78

*Рецензенты:*

доктор технических наук, доцент,  
профессор кафедры технического сервиса машин  
ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарева»

*С. А. Величко*

кандидат технических наук, профессор,  
профессор кафедры технического сервиса в АПК  
ФГБОУ ВО Белгородского ГАУ

*С. В. Стребков*

Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники:  
Материалы Международной научно-технической конференции имени  
В.В. Михайлова. – Вып. 38. – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет,  
2025. – 317 с.

**ISBN 978-5-7011-0896-5**

В сборнике представлены материалы докладов участников XXXVIII Международной научно-технической конференции имени В.В. Михайлова «Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники», проходившей 28-29 мая 2025 года на базе ФГБОУ ВО Вавиловский университет. В статьях рассмотрены общетеоретические и прикладные вопросы эксплуатации, ремонта, диагностирования, применения цифровых технологий в сельском хозяйстве, совершенствования конструкции автотракторной и сельскохозяйственной техники, а также результаты современных исследований специалистов в растениеводстве и механизации сельского хозяйства. Материалы статей имеют научно-практическое значение и предназначены для инженеров, преподавателей, научных работников. Они будут полезны обучающимся старших курсов вузов, магистрантам, аспирантам, докторантам.

**Материалы изданы в авторской редакции**

УДК 621.43.01(082)  
ББК 31.365

ISBN 978-5-7011-0896-5

© ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2025  
© Авторы статей, 2025

---

---

### Научные направления конференции:

- Методы улучшения основных показателей двигателей внутреннего сгорания;
- Восстановление и упрочнение деталей автотракторной техники;
- Разработка методов и средств использования альтернативных источников энергии;
- Эксплуатация и ремонт автотракторной техники и сельскохозяйственных машин;
- Цифровые технологии в сельском хозяйстве;
- Диагностика машинно-тракторного парка и средства автоматизации;
- Трибологические аспекты повышения ресурса машин и оборудования;
- Новые машиностроительные материалы и технологии их получения;
- Наноматериалы и нанотехнологии в машиностроении;
- Технологии и средства механизации сельского хозяйства;
- Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве.

---

---

## СОДЕРЖАНИЕ

### ВОССТАНОВЛЕНИЕ И УПРОЧНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

**Д.В. Зайцев**

Анализ способов повышения эксплуатационных свойств покрытий  
повышенной толщины полученных методом плазменного напыления ..... 9

**Ш.М. Игитов**

Каменно-композиционные пасты как способ восстановления  
автомобильных деталей ..... 15

**В.В. Клепиков, А.И. Петрашев**

Применение аккумуляторного оборудования для мойки  
сельскохозяйственной техники ..... 18

**Р.И. Ли, А.С. Комоликов, И.В. Лисовый**

Расчет прочности полимерных нанокомпозитов ..... 24

**Р.И. Ли, А.С. Комоликов, И.В. Лисовый**

Предел текучести полимерных нанокомпозитов ..... 29

**Е.А. Миронова, Д.С. Буров, А.И. Фаткин, Р.Е. Барламов, А.Е. Коробко**

Химический состав композиционных гальванических покрытий ..... 33

### РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

**Д.А. Уханов А.П. Уханов**

Альтернативное моторное топливо для автотракторных дизелей ..... 38

### ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

**Б.В. Намаконов, М.Е. Герасимов, А.А. Хайруллин**

Экологичность реновации автотракторной техники ..... 44

**П.А. Горбушин, В.В. Сафонов, С.А. Шишурин, Р.В. Вольсков,**

**Е.А. Миронова**

Анализ способов упрочнения режущих элементов уборочных машин ..... 51

**И.В. Ковылин, В.В. Чекмарев, Н.Ф. Рыжко**

Анализ дефектов ресурсопределяющих деталей насоса Д1250-125 для  
насосных станций дождевальных систем ..... 62

**Ю.В. Комаров, А.А. Слюняев, И.Ю. Тюрин**

Значение топливно-смазочных материалов при работе техники ..... 68



<b><i>В.К. Нагдаев, А.В. Забродская, В.С. Вязинкин</i></b>	
Очистка системы смазки двигателей .....	74
<b><i>Н.С. Наместников, Н.В. Хольшев, В.Ю. Глазков, М.А. Букина</i></b>	
Влияния скорости автомобиля в момент переключения передач КПП на путь его разгона .....	79
<b><i>А.И. Петрашев, В.В. Клепиков</i></b>	
Немеханический смеситель для защитных составов .....	85
<b><i>В.А. Стрельников</i></b>	
Влияние эксплуатационных факторов на токсичность отработавших газов дизелей .....	91

## **ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

<b><i>В.К. Корнеева, В.М. Капцевич, А.И. Цымбалюк, А.В. Макаревич</i></b>	
Новый метод анализа хроматограмм моторного масла с использованием плагина INTERACTIVE 3D SURFACE PLOT .....	95
<b><i>А.С. Старцев, А.Ю. Моршнев, М.Д. Борщев, О.С. Дворянчиков</i></b>	
Методы подхода использования нейронных сетей в животноводстве на примере клеток для содержания племенных телят .....	101

## **ДИАГНОСТИКА МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА И СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ**

<b><i>С.А. Гребенников, А.С. Гребенников, Г.О. Киселев, А.В. Рогожин, А.В. Косарева</i></b>	
Неравномерность показателей торможения колёс автомобиля .....	116
<b><i>И.Ю. Куверин, А.Н. Скларов, А.А. Борисов, А.С. Гусев</i></b>	
Разработка прибора для проверки форсунок дизельного двигателя .....	122
<b><i>И.А. Серебряков, А.Д. Щурок, Н.Г. Серебрякова</i></b>	
Оценка состояния аккумуляторных батарей электрического транспорта и ее практическая реализация .....	128
<b><i>В.В. Венскийтис, С.А. Якубалиев, А.В. Мигولاتьев</i></b>	
Выбор диагностического параметра для оценки технического состояния центробежного насосного агрегата .....	132

## **ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ**

<b><i>А.В. Мартынов</i></b>	
Оценка технического состояния тестоделительных машин вакуумно- поршневого типа .....	138

## НАНОМАТЕРИАЛЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

***В.В. Сафонов, Д.В. Курдюков, К.В. Сафонов, З.Р. Умаров, А.А. Космынин, Д.Р. Кондрашов, Е.А. Дудкин***

Исследование влияния твердофазных добавок к моторному маслу на коррозионный износ деталей двигателей при их длительном хранении .... 144

## ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

***В.В. Васильчиков, Р.Р. Батраев, Е.А. Миронова***

Исследование прочностных характеристик элементов ГЗУ для рулонов прессованных кормов при статических и динамических воздействиях ..... 152

***В.В. Васильчиков, А.Е. Осетров, А.А. Леонтьев, А.В. Перетяцько, Д.С. Исканиев***

Повышение эффективности погрузки контейнеров BIG-BAG за счет совершенствования грузозахватного устройства ..... 159

***В.В. Васильчиков, М.С., Беляев Д.С. Исканиев***

Повышение эффективности погрузо-разгрузочных и складских работ за счет применения устройства для контроля качества минеральных удобрений ..... 163

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

Разработка технологии щелевания почвы с локальным внесением минеральных удобрений ..... 167

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

Технологии обработки почвы для посева озимых культур в Поволжье. Ранний пар. Часть II ..... 175

***А.С. Звонова, А.С. Фирсов***

Разработка стенда для выращивания растений на искусственных средах без почвы ..... 182

***Д.Е. Костычев, С.В. Большаков, В.П. Никитин, В.Ф. Купряшкин***

Обоснование конструктивных параметров ротационного плуга для мотоблоков ..... 186

***В.В. Купряшкин, В.А. Овчинников, А.Д. Комолов, К.В. Шешнев***

Кинематический и силовой анализ привода перемещения подвижного модуля экспериментального стенда для исследования рабочих органов почвообрабатывающих машин ..... 193

***Н.А. Улыбин, А.В. Левченко, Г.В. Левченко***

Совершенствование технологии удаления навоза в УНПО «Муммовское» Аткарского района Саратовской области ..... 200

<b>А.М. Марадудин, Д.В. Курдюков, Д.А. Харлашин, В.М. Набиев</b> Обзор технических средств для внесения ЖКУ совместно с посевом .....	206
<b>А.М. Марадудин, П.И. Павлов</b> Совершенствование технологии внесения органических удобрений .....	213
<b>В.А. Милюткин</b> Технологические преимущества самоходного агрохимического комплекса «ТУМАН» по сравнению с машинно-тракторным агрегатом .....	218
<b>П.И. Павлов, И.Л. Дзюбан, А.В. Никулин</b> Особенности физико-механических свойств растительных смесей для формирования субстратных блоков для выращивания грибов .....	225
<b>П.И. Павлов, В.А. Курунин</b> Экспериментальный образец устройства для очистки транспортерных лент .....	228
<b>М.В. Поликанов, Ю.В. Полювяный, А.В. Яшин, А.В. Поликанов, М.В. Кочнева</b> Некоторые результаты экспериментальных исследований масляного пресса со шнеком с линейно уменьшающимся межвитковым объемом .....	232
<b>А.С. Старцев, М.Д. Борщев, О.С. Дворянчиков</b> Мониторинг средств автоматизации контроля обработки почвы .....	237
<b>А.С. Старцев, С.В. Ершов</b> Технология уборки подсолнечника адаптером с устройством предварительного обмолота корзинок, сепарации и транспортировки маслосемян .....	248
<b>А.С. Старцев, С.В. Ершов</b> Выражение вероятности вымолота маслосемян подсолнечника из корзинок от воздействия шнека адаптера .....	260
<b>А.С. Старцев, С.В. Ершов</b> Силовой анализ шнека адаптера при уборке подсолнечника адаптера .....	268
<b>А.С. Фирсов, М.Р. Шамарина</b> Влияние режимов светового потока на всхожесть и выращивание салата в условиях гидропоники .....	277
<b>А.С. Фирсов, К.Ю. Ключева</b> Анализ динамики посевных площадей в тверской области с 2007 по 2025 годы .....	283
<b>Д.В. Чижов, А.С. Фирсов</b> Разработка стенда вакуумной пропитки полимерных деталей .....	290
<b>Г.Е. Шардина</b> Формирование гребней для посадки картофеля с возможностью улучшения свойств почвы .....	294
<b>Р.Б. Ширванов</b> Пути совершенствования конструкции машин и орудий для противоэрозионной обработки почвы .....	298

## ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

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

Особенности профессиональных рисков на энергетических предприятиях 306

*И.И. Соловьёв, С.В. Бахтеев, В.А. Лаврентьев, М.В. Попов*

Верификация геометрических характеристик индуктора в портативных  
индукционных устройствах: методика расчета ..... 313

# ВОССТАНОВЛЕНИЕ И УПРОЧНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

---

Научная статья

621.791.927.55

## АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПОКРЫТИЙ ПОВЫШЕННОЙ ТОЛЩИНЫ ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ

*Д.В. Зайцев*

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет  
им. Н. П. Огарёва

**Аннотация.** В статье рассматриваются особенности получения покрытий и применяемые для их получения оборудование и материалы. Определены способы повышения плотности, микротвердости и адгезионной прочности покрытий повышенной толщины, полученных плазменным напылением. К ним относятся: повышение температуры подогрева подложки до 800°C и использование промежуточных оксидных пленок, таких как Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> и прочих.

**Ключевые слова:** плазма, плазменное напыление, толстослойные покрытия, износостойкость, адгезия.

Original article

## ANALYSIS OF WAYS TO IMPROVE THE PERFORMANCE PROPERTIES OF HIGH-THICKNESS COATINGS OBTAINED BY PLASMA SPRAYING

**D.V. Zaitsev**

National Research Mordovian State University  
Saransk, Russia

**Abstract.** The article discusses the features of obtaining coatings and the equipment and materials used to obtain them. Methods for increasing the density, microhardness, and adhesive strength of high-thickness coatings obtained by plasma spraying have been determined. These include: increasing the heating temperature of the substrate to 800 °C and using intermediate oxide films such as Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> and others

**Keywords:** plasma, plasma spraying, thick-layer coatings, wear resistance, adhesion.

**Введение.** Среди современных технологий восстановления особое место занимает метод газотермического напыления, который представляет собой метод получения покрытий путем нанесения нагретых и ускоренных высокотемпературной газовой струёй частиц, на обрабатываемую поверхность.

К видам газотермического напыления относятся: плазменное напыление, газопламенное напыление, детонационное напыление и напыление с оплавлением.

Плазменное напыление - процесс нанесения слоёв материалов на поверхность детали с помощью распыления расплавленных частиц под действием высокотемпературного плазменного потока. Этот метод широко применяется для получения защитных покрытий из металлов, керамики, композитных материалов.

Процесс включает несколько этапов: 1) генерация плазмы с помощью электродов; 2) распыление материала в зоне высокой температуры; 3) осаждение частиц на поверхность с последующим спеканием и формированием однородного слоя.

При получении толстослойных покрытий, метод плазменного напыления имеет ряд недостатков, таких как низкие плотность, микротвердость и адгезия покрытия;

Улучшение свойств покрытий, из металлов склонных к коррозии и окислению, достигается методом вакуумного напыления в среде с контролируемым давлением. Этот способ позволяет получать покрытия со свойствами лучше по сравнению с традиционными методами напыления на открытом воздухе [1]. Напыление в контролируемой атмосфере приводит к получению металлических покрытий с высокой твердостью по сравнению с покрытиями, созданными в обычных атмосферных условиях [2].

Дальнейшее развитие технологии привело к созданию методов плазменного напыления в условиях глубокого вакуума. В таких установках напыляемый материал в виде потока плазмы поступает в вакуумную камеру, где мощные вакуумные насосы непрерывно поддерживают давление на уровне 0,1-50 кПа. Низкая остаточная концентрация газов в камере минимизирует вероятность взаимодействия напыляемых частиц с воздухом, что обеспечивает создание покрытий с улучшенными свойствами [3].

Однако, несмотря на преимущества, установки для плазменного напыления в контролируемой атмосфере, характеризуются высокой стоимостью и значительными габаритами. Это делает их использование экономически не целесообразным. Прежде чем внедрять данную технологию в массовое производство, необходимо провести лабораторные исследования и оптимизировать процесс для конкретного типа изделия и требуемых характеристик покрытия [4].

В связи с этим необходимо определить экономически эффективные способы повышения плотности, микротвердости и адгезии покрытий повышенной толщины.

**Цель работы:** Определить способы повышения плотности, микротвердости и адгезионной прочности покрытий повышенной толщины, полученных методом плазменного напыления.

**Результаты и обсуждение.** Для повышения адгезионной прочности необходима термическая активация контакта между основой и напыляемой частицей [5].

Стефенсоном предложена формула, учитывающая взаимосвязь температуры напыляемой частиц и подложки с учетом температуры в зоне контакта, предопределяющую прочность сцепления [6].

$$\frac{(T_1^o - T_k^o)}{(T_k^o - T_2)} = \frac{b_2}{b_1}, \quad (1)$$

где  $T_1$  – температура напыляемой частицы подложки;  $T_2$  – температура поверхности подложки;  $T_k$  – температура в зоне контакта;  $b_1$ , – коэффициент теплопроницаемости частицы;  $b_2$  – коэффициент теплопроницаемости подложки.

Свойства покрытий из оксида алюминия на сплаве ВТ-5, напыленные при различных температурах подогрева подложки приведены в таблице 1.1.

**Таблица 1 – Свойства покрытий из оксида алюминия, напыленные при различных температурах подложки**

Температура подложки, °С	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Микротвердость (нагрузка 100 г.), кг/мм <sup>2</sup>	Прочность сцепления, кг/мм <sup>2</sup>
20	3,10	1200	0,75
200	3,30	1409	—
400	3,65	1730	—
600	3,70	1860	—
800	3,86	2103	1,50

Анализ результатов показывает, что с увеличением температуры подогрева подложки улучшаются свойства покрытий. Так при температуре подложки равной 800°С плотность покрытия возросла до 3,86 г/см<sup>3</sup>, микротвердость покрытия составила 2103 кг/мм<sup>2</sup>, что соответствует микротвердости  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Таким образом, увеличение времени кристаллизации частиц за счет подогрева подложки из сплава ВТ-5 приводит к образованию в покрытии  $\alpha$  - фазы Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и образование шпинели, которая увеличивает плотность, микротвердость и прочность сцепления покрытия с основой.

Накопленные в настоящее время данные по соединению разнородных материалов в твердой фазе и термодинамические исследования позволяют выделить ряд схем взаимодействия при напылении оксидов на металлы [7].

I схема. Прямое взаимодействие металла с оксидом.

II схема. Прямое взаимодействие оксидов и соединений керамических покрытий (шпинелей, силикатов и др.) с оксидами на металле с образованием химических соединений или твердых растворов с преобладанием оксида.

III схема. Взаимодействие с образованием твердых растворов компонентов осаждаемого оксида с некоторыми конструкционными материалами.

Взаимодействие материалов по одной из схем определяется по образованию твердых растворов или в результате термодинамического анализа химической реакции.

Схема I подразумевает непосредственное взаимодействие оксида с металлом в твердом состоянии, что возможно лишь с ограниченным числом металлов, проявляющих высокую химическую активность, например титан (Ti) и цирконий (Zr).

В случае взаимодействия с конструкционными металлами, которые характеризуются низкой термодинамической активностью, энергетически выгоднее использовать схему II. Эта схема предполагает образование промежуточного слоя – оксидной пленки на поверхности металла.

Образованная пленка должна обладать высокой сплошностью, прочно сцепляться с поверхностью металла, избегая отслаивания или образования трещин, обладать химическим сродством с осаждаемым материалом (тугоплавким оксидом). При напылении  $Al_2O_3$  таким требованиям отвечают NiO, CaO, FeO,  $Cr_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ , а  $Cr_2O_3$  взаимодействует с NiO, CoO, FeO,  $Cr_2O_3$ , CuO и TiO;  $ZrO_2$  – с  $SiO_2$  и т.д.

Концепция использования промежуточных оксидных пленок в виде подслоев была реализована в процессе разработки технологии нанесения  $Al_2O_3$  и  $ZrO_2$  на тугоплавкие металлы, у которых наличие естественных оксидных пленок не позволяет обеспечить термодинамическую стабильность и прочность соединения с основой. Необходимые оксидные пленки ( $Cr_2O_3$ ,  $Al_2O_3$  и  $SiO_2$ ) получают за счет поверхностного легирования подложек с последующим их окислением. Прочные химические связи в контактной зоне образуются при температуре подложки порядка 500-800°C. Прочность сцепления достигает 4-5 кгс/мм<sup>2</sup>. Покрытие из  $Al_2O_3$ , нанесенное на любую подложку, предварительно подогретую до 800-1000°C, как правило, состоит из стабильной  $\alpha$ -фазы, что увеличивает микротвердость покрытия.

**Заключение.** Повышение температуры подгрева подложки до 800°C, при которой достигается образование стабильной  $\alpha$ -фазы  $Al_2O_3$  значительно улучшает свойства покрытий, такие как плотность, микротвердость и адгезионная прочность. Использование промежуточных оксидных пленок, таких как  $Cr_2O_3$ ,  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$  и прочих, позволяет повысить адгезионную прочность.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лушпа Е. Ю. Разработка математической модели теплофизических параметров плазменного напыления и оптимальных режимов плазменной



обработки для совершенствования технологии упрочнения поверхностного слоя плазменным напылением с обработкой ультразвуком // Оборонный комплекс - научно-техническому прогрессу России. 2022. № 2(154). С. 23-29.

2. Чесноков А. Е., Смирнов А.В. Воздействие плазменной струи на покрытие Ni-Al, сформированное холодным газодинамическим напылением // Письма в Журнал технической физики. 2024. Т. 50, № 11. С. 14-17.

3. Карцев С.В., Кравченко И.Н., Пастухов А.Г. Математическая модель формирования остаточных напряжений в покрытиях при плазменном напылении с оплавлением // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2022. № 3(35). С. 53-63.

4. Кравченко И.Н., Жачкин С.Ю., Тимашов Е.П. Влияние технологических параметров плазменного напыления на формирование защитных и функциональных покрытий // Новые огнеупоры. 2023. № 7. С. 33-37.

5. Авдонченкова М.С., Маркелова О.А., Войко А.В. Исследование микротвердости покрытия, полученного ионно-плазменным напылением карбида кремния SiC на титан // Научный альманах. 2024. № 12-4(122). С. 29-32.

6. Каготько А. Р. Плазменное напыление цветных металлов // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления: Материалы XXIII Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 2 частях, Гомель, 27–28 апреля 2023 года. – Гомель: Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, 2023. С. 116-118.

7. Жачкин С.Ю., Трифонов Г.И., Битюцких О.К. Экспериментальное исследование влияния технологических режимов плазменного напыления на толщину формируемого покрытия // Воздушно-космические силы. Теория и практика. 2023. № 25. С. 42-52.

## REFERENCES

1. Lushpa E. Y. Development of a mathematical model of thermophysical parameters of plasma spraying and optimal plasma treatment modes for improving the technology of surface layer hardening by plasma spraying with ultrasound treatment // Defense complex - Scientific and technical Progress of Russia. 2022. No. 2(154). pp. 23-29.

2. Chesnokov A. E., Smirnov A.V. The effect of a plasma jet on a Ni-Al coating formed by cold gas dynamic spraying // Letters to the Journal of Technical Physics. 2024. Vol. 50, No. 11. pp. 14-17.

3. Kartsev S.V., Kravchenko I.N., Pastukhov A.G. Mathematical model of the formation of residual stresses in coatings during plasma sputtering // Innovations in agriculture: problems and prospects. 2022. No. 3(35). pp. 53-63.

4. Kravchenko I.N., Zhachkin S.Yu., Timashov E.P. The influence of technological parameters of plasma spraying on the formation of protective and functional coatings // *New refractories*. 2023. No. 7. pp. 33-37.
5. Avdonchenkova M.S., Markelova O.A., Voiko A.V. Investigation of the microhardness of a coating obtained by ion plasma spraying of silicon carbide SiC onto titanium // *Scientific Almanac*. 2024. No. 12-4(122). pp. 29-32.
6. Kagotko A. R. Plasma spraying of non-ferrous metals // *Research and development in the field of mechanical engineering, energy and management : Proceedings of the XXIII International Scientific and Technical Conference of Students, postgraduates and Young Scientists*. In 2 parts, Gomel, April 27-28, 2023. Gomel: Gomel State Technical University named after P.O. Sukhoi, 2023. pp. 116-118.
7. Zhachkin S.Yu., Trifonov G.I., Bityutskikh O.K. Experimental study of the effect of technological modes of plasma spraying on the thickness of the formed coating // *Aerospace forces. Theory and practice*. 2023. No. 25. pp. 42-52.

## КАМЕННО-КОМПОЗИЦИОННЫЕ ПАСТЫ КАК СПОСОБ ВОССТАНОВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Ш.М. Игитов

ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный  
технический университет» Махачкалинский филиал, г.Махачкала, Россия

**Аннотация.** В статье рассматривается эффективность каменной пасты по сравнению с другими известными способами восстановления поврежденных деталей, а также способ получения и методы ее нанесения на трещины деталей автомобиля.

**Ключевые слова:** наполнитель, отвердитель, каменно-полимерный композит, жидкое стекло, андезита, базальта, диабеза, кремнефтористый натрий.

## STONE-COMPOSITION PASTE AS A METHOD FOR RESTORING CARS.

Sh.M. Igitov

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Moscow  
Automobile and Road State Technical University» Makhachkala branch,  
Makhachkala, Russia

**Annotation.** The article discusses the effectiveness of stone paste in comparison with other known methods of restoring damaged parts, as well as the method of obtaining and methods of applying it to the cracks of car parts.

**Key words:** filler, hardener, stone-polymer composite, water glass, andesite, basalt, diabese, sodium fluorosilicate.

**Введение.** Реставрировать повреждения или залатать трещины у автомобильных деталей, в недалеком прошлом можно было выполнить следующим способом – сваркой с помощью газа, применяя общий нагрев. Позже, когда появились медные электроды с добавлением никеля восстановить трещины стало возможным электродуговой сваркой, причем наносился шов каплями и дозировано. В последнее время для заделки трещин в деталях, работающих при высокой температуре, начали использовать необычные способы. Одним из таких способов является весьма простой и достаточно эффективный - это заделка трещин каменно-композиционными пастами. Эта смесь включает в себя такие элементы как: база, представляющая основу пасты, затвердитель и разжижитель.

**Методика исследований.** В качестве основы композиционной пасты могут быть использованы порошки горных пород вулканического происхождения: андезита, базальта, диабеза, тешенита. мрамора, гранита и др. Для приготовления каменно-полимерной композиции целесообразнее

использовать тонко измельченный андезит, диабаз или базальт, так как порошки этих пород обладают большой адсорбирующей способностью [3].

Функцию затвердителя (элемента ускоряющего затвердевания) композиции применяют 93 %-ный технический кремнефтористый натрий. В качестве разбавителя - жидкое растворимое натриевое стекло плотностью 1,48 г/см<sup>3</sup>.

Используемые для приготовления пасты порошки не должны содержать примесь и должны быть хорошо осушены. Их влажность не должна превышать: 2 %- для порошков наполнителя; 1 % - для кремнефтористого натрия. В случае превышения указанных величин влажности порошки необходимо перед применением просушить в сушильном шкафу 2-3 часа подряд при температуре 60-80°C. После сушки порошки необходимо просеять через сито с 800-900 отв./см<sup>2</sup>[1].

Связывающим элементом смеси является жидкое стекло, к которому предъявляют повышенные требования. Оно не должно содержать примесей, цвет должен быть светлым и наконец, не должно быть густым. Для приготовления каменно-композиционной смеси калиевое стекло не пригодно, так как имеет темный цвет. Недопустимо также образование тонкой корочки на поверхности жидкого стекла, чтобы предотвратить это, его необходимо держать в закрытой ёмкости.

Для приготовления каменной пасты, необходимо следующие компоненты и в заданных пропорциях: на 100г основы смеси добавляется 3 г кремнефтористого натрия и 50 г жидкого стекла. Отмерив, необходимое количество компонентов пасты, смешивают между собой порошковую часть и уже после этого вводят разжижитель. Свойство полученной порошковой смеси в течение нескольких месяцев не меняется, что позволяет хранить ее длительное время и приготавливать заранее. А для окончательного получения композиционной пасты, для использования в реставрации деталей автомобиля в порошковую смесь медленно, постоянно и очень тщательно перемешивая, вводится жидкое стекло. Полученная таким способом масса не должна содержать комки и неоднородности, должна быть тягучая, вязкая и пастообразная.

Окончательно полученная паста, содержащее жидкое стекло, долго не хранится максимум полчаса. После примерно получаса на поверхности полученной смеси образуется плотная пленка, которая указывает на то, что начался процесс полимеризации, следовательно, дальнейшее применение пасты невозможно. Потому, исходя из вышеуказанного можно заключить, что окончательное приготовление пасты возможно только перед применением ее по заделки трещин в деталях или любых других реставрационных работах. Объём пасты готовится в таком количестве чтобы его можно было использовать до появления процесса полимеризации, то есть примерно на полчаса. Рассчитать объем можно с учетом того, что на каждый 1 мм трещины, которую нужно залатать, необходимо приблизительно 1 грамм пасты.

Следующий этап как наносить пасту на поврежденную поверхность.

Поверхность, которую нужно будет восстановить должна быть предварительно подготовлена, отполирована до блеска, а затем обезжирена, для этого используют керосин или спирт. Технология подготовки поверхности вокруг трещины не отличается от подобной операции при восстановлении деталей эпоксидной композицией [2,4,5]. Композиционную пасту накладывают на поверхность, которая подвергается восстановлению с помощью деревянного шпателя, при этом необходимо ее втирать так, чтобы произошло сцепление между пастой и основным материалом поврежденной детали. Слишком много накладывать смесь не желательно, приблизительно до 4 мм и шириной 25-30 мм. Слишком толстый слой при застывании может образовывать микротрещины, из-за газовых вкраплений присутствующих в смеси, а это в свою очередь ослабевает связь между нанесенной массой и реставрируемой поверхностью.

Процесс застывания каменной пасты, при нормальных условиях, без применения дополнительной сушки, происходит в течение чуть больше 1 суток. Если же необходимо ускорить сушку, то проводят нагрев детали до температуры 95<sup>0</sup>, помещая ее в специальную термокамеру и выдерживая ее там приблизительно 4,5 часа, а при температуре 60° – за 10 часов.

Каменная паста не выдерживает открытого пламени, при этом она разрушается, поэтому не рекомендуется использовать для сушки газовые горелки и прочие приборы с открытым огнем.

**Заключение.** Описанный в статье способ получения каменно-композиционной пасты имеет следующие преимущества:

- прост в изготовлении, не требует дополнительного дорогостоящего оборудования;
- состав экономичен;
- не требует большой трудоемкости;
- эффективен при заделке трещин в автомобильных деталях любой сложности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колесников А.А. Автореферат кандидатской диссертации. ВАК05.22.10. – 2017. – 166с.
2. Ельцов В.В. Восстановление и упрочнение деталей машин: учеб. Пособие - Тольятти: Изд-во ТГУ, 2015. – 335с.
3. Чурсова Л.В., Душин М.И., Хрульков А.В., Мухаметов Р.Р. Особенности технологии изготовления деталей из композиционных материалов методом пропитки под давлением// Композиционные материалы в авиокосмическом материаловедении: сб. тез. докл. межотрас. науч. технич. конф. М.:ВИАМ, 2009, С.17-22.
4. Чеботарев, М. И. Технология ремонта машин: учебное пособие / М. И. Чеботарев, И. В. Масиенко, Е. А. Шапиро; под ред. М. И. Чеботарёва. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2020. – 352 с.
5. Технология ремонта машин: учебник / В. М. Корнеев, В. С. Новиков, И. Н. Кравченко [и др.]; под ред. В. М. Корнеева. – Москва: ИНФРА-М, 2021. – 314 с.

## ПРИМЕНЕНИЕ АККУМУЛЯТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ МОЙКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

*В.В. Клепиков, А.И. Петрашев*

Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, г. Тамбов, Россия

**Аннотация.** Показан детальный обзор ключевых параметров аккумуляторных моек высокого давления с рассмотрением их значений. Приведен обзор доступного оборудования и заявленные производителями значения характеристик моек высокого давления. Выполнена оценка времени работы и сделаны выводы о применении такого оборудования в сельскохозяйственном сервисе.

**Ключевые слова:** эксплуатация сельскохозяйственной техники, аккумуляторная мойка высокого давления, АКБ.

Original article

## THE USE OF BATTERY-POWERED EQUIPMENT FOR WASHING AGRICULTURAL MACHINERY

*V.V. Klepikov, A.I. Petrashev*

All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov, Russia

**Abstract.** a detailed overview of the key parameters of high-pressure battery washers with consideration of their values is shown. An overview of the available equipment is provided and the values of the characteristics of high-pressure washers declared by manufacturers are given. The work time was estimated and conclusions were drawn about the use of such equipment in agricultural services.

**Keywords:** operation of agricultural machinery, high-pressure battery washer, battery.

### Введение

Современное сельское хозяйство немисливо без высокопроизводительной техники, которая при работе подвергается интенсивным нагрузкам [1]. Пыль, грязь, остатки удобрений и химикатов постоянно оседают на узлах и агрегатах машин, сокращая срок их службы. Регулярная очистка оборудования — не только вопрос внешнего вида, но и необходимое условие для поддержания функциональности, предотвращения коррозии и снижения простоев из-за ремонта в ответственные периоды работы

[2]. Однако традиционные методы мойки, требующие подключения к электросети, большого расхода воды и наличия специального стационарного оборудования, зачастую оказываются неэффективными в условиях удалённых полей или ограниченной инфраструктуры [3].

При этом всё большую актуальность приобретают инновационные решения – аккумуляторные мойки высокого давления, сочетающие мобильность, экологичность и экономическую выгоду. Отсутствие привязки к внешним источникам энергии, возможность работать в любых погодных условиях и снижение затрат на обслуживание делают их незаменимыми для агропредприятий, стремящихся оптимизировать свои процессы.

В данной статье рассмотрим преимущества и недостатки аккумуляторных моек для обслуживания сельхозмашин, и определим характеристики для выбора надежного оборудования.

На сегодняшний день рынок аккумуляторных моек высокого давления предлагает широкий выбор моделей, различающихся по мощности, автономности и функционалу. Мощность выражается в создаваемом давлении и производительности [4]. Рабочее давление варьируется от 20–25 бар у базовых моделей и до 250 бар у полупрофессиональных. При малом уровне загрязнения и непродолжительной работе достаточно 40–70 бар, тогда как для очистки больших объемов загрязнений потребуется давление порядка 100 бар. При этом стоит обращать внимание и на расход воды.

Автономность мойки высокого давления достигается использованием аккумуляторной батареи. Ее емкость определяет время работы – аккумулятор 5 А·ч обеспечивает до 38 минут работы, 8 А·ч — до 60 минут. Совместимость батареи с другими инструментами расширяет возможности работы и упрощает эксплуатацию [5].



**Рисунок 1. Варианты компоновки аккумуляторных моек высокого давления. а – единое исполнение (Ryobi); б – нижнее расположение насоса (Greenworks); в – верхнее расположение насоса (Makita)**

Функциональные возможности устройства определяются комплектацией и компоновкой. Наличие сменных насадок (турбо, вращающиеся, пеногенераторы), разная длина шланга (5–8 м) и забор воды из резервуара или водопровода расширяют возможности для использования оборудования. Наличие фильтра для воды защищает от засоров. В качестве материалов следует рассматривать модели с металлическим насосом, которые долговечнее пластиковых. Для эффективной работы также важны режимы регулировки

давления и защитные функции, такие как автоматическое отключение при перегреве или блокировка потока воды. По компоновке основных узлов аккумуляторных моек высокого давления выделяют единое или отдельное исполнение. При отдельном насос может быть внизу резервуара для воды или сверху над ним. Примеры компоновки показаны на рисунке.

#### Методика исследований.

В таблице показаны характеристики доступных к приобретению моек высокого давления.

**Таблица 1 – Основные параметры аккумуляторных моек  
высокого давления**

Наименование / (цена)	$P_{\max} /$ $P_{\text{ном}},$ бар	$Q_{\max} /$ $Q_{\text{ном}},$ л/ч	АКБ	
			U, В	C, А·ч (цена, р)
Greenworks gdc40 (15000 р)	70 55	300 222	40	2 (5000 р) 4 (7000 р) 5 (10000 р)
Makita LXT BL 2×18 В (59000 р)	80 55 30	378 330 240	36	2 шт 3Ач по 18В (2·6000 р)
WORX WG620E (17150 р)	24 22	120 120	20	2 (2400 р) 4 (2100 р) 6 (1600 р)
HOTO 20V Pressure Washer Pro (10500 р)	20 -	180 -	18	2,5 (в комплекте)
Ryobi MAX POWER 36В RY36PWX41A (23600 р)	55 41	270 160	36	2 (11600 р) 4 (12800 р) 5 (21100 р)
Karcher KHB 6 (17600р)	24 -	200 -	18	2,5 (в комплекте)

Для оценки эффективности работы мойки высокого давления с учетом заявленных производителем данных определим гидравлическую мощность по формуле 1.



$$N = P \cdot 10^5 \frac{Q \cdot 10^{-3}}{3600} \quad (1)$$

где  $P$  – давление, номинальное и максимальное, бар;  $Q$  – расход воды, л/ч.

Энергия аккумуляторной батареи показывает её способность совершать работу (например, питать устройство) и вычисляется по формуле 2.

$$E = C \cdot U \quad (2)$$

КПД аккумуляторной батареи отражает эффективность преобразования и сохранения энергии в ходе циклов заряда и разряда. Он определяется как отношение энергии, отданной батареей при разрядке, к энергии, затраченной на её зарядку, и обычно составляет 70–95% в зависимости от типа аккумулятора.

В аккумуляторных мойках высокого давления наиболее распространены литий ионные батареи, КПД которых составляет порядка  $\eta = 0,9$ .

Таким образом можно определить время работы на 1 полном заряде АКБ.

$$t_{1\text{АКБ}} = E \cdot \eta \cdot 60 / N.$$

### Результаты исследований.

**Таблица 2 – Результаты расчета времени работы с разным давлением и АКБ разной емкости**

Наименование (цена)	$N_{\text{max}} /$ $N_{\text{ном}},$ Вт	$E_{\text{АКБ}}, \text{Вт} \cdot \text{ч}$	$t_{1\text{АКБ}}$ $N_{\text{max}}, \text{мин}$	$t_{1\text{АКБ}}$ $N_{\text{ном}}, \text{мин}$
Greenworks gdc40 (15000 р)	583	80	7	12
		160	14	24
	339	200	17	30
Makita LXT BL 2x18 B (59000 р)	840	108	7	-
	504		-	11
	200		-	28
WORX WG620E (17150 р)	200	40	10	28
		80	20	56
	73	120	31	83
HOTO 20V Pressure Washer	100	45	11	-

Pro (10500 p)	-			-
Ryobi MAX POWER 36B RY36PWX41A (23600 p)	412 182	72 144 180	9 18 22	20 40 50
Karcher KHB 6 (17600p)	133 330	45	17	12

### **Заключение.**

Как видно из результатов расчета среднее время работы аккумуляторной мойки высокого давления на 1 полностью заряженном АКБ составляет порядка 30 минут. Здесь наблюдается зависимость – чем меньше создаваемое рабочее давление, тем больше время работы. При этом мойка больших объемов и трудных загрязнений эффективнее происходит при высоком давлении. Также стоит отметить высокую стоимость дополнительных АКБ и отсутствие информации по долговечности их использования. Таким образом существующий уровень развития аккумуляторных моек высокого давления не позволяет рекомендовать их для использования при эксплуатации сельскохозяйственных машин и техники.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Миронов, Е. Б. Современные разработки и технологии в области хранения сельскохозяйственной техники / Е. Б. Миронов, Е. В. Воронов, А. Н. Шишарина // Аграрный научный журнал. – 2019. – № 6. – С. 93-96. – DOI 10.28983/asj.y2019i6pp93-96.
2. Knyazeva L.G. To the problem of storage efficiency of agricultural Machinery / Л. Г. Князева, А. И. Петрашев, В. Д. Прохоренков, В. В. Клепиков // Наука в центральной России. – 2017. – № 6(30). – С. 37-49.
3. Кузнецов, К. Ю. Пути повышения эффективности очистки и мойки сельскохозяйственных машин / Наука и образование. 2022. Т. 5, № 2.
4. Байбаков О.В., Зеегофер О.И. Гидравлика и насосы: учебное пособие. Изд.: М., 1957. 125 с.
5. Виноградов А.В. Роботизированные системы в сельском хозяйстве / А. В. Виноградов, И. Ю. Тюрин, Г. В. Левченко [и др.] // Аграрный научный журнал. 2019. № 9. С. 79-81. – DOI 10.28983/asj.y2019i9pp79-81.

### **REFERENCES**

1. Mironov E.B. Modern developments and technologies in the field of agricultural Machinery storage. / Mironov E.B., Voronov E.V., Shisharina A.N. // Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2019. (6). P. 93–96. (In Russ.). – DOI 10.28983/asj.y2019i6pp93-96.
2. Knyazeva L.G. To the problem of storage efficiency of agricultural machinery / Knyazeva L.G., Petrashev A.I., Prokhorenkov V.D., Klepikov V.V. // Science in the Central Russia. 2017. №6(30). P. 37-49.
3. Kuznetsov K. Yu., Bakharev A.A. Ways to increase the efficiency of cleaning and washing agricultural machinery / Nauka i Obrazovanie. 2022. T. 5. № 2.
4. Bajbakov O.V., Zeegofer O.I. Gidravlika i nasosy: uchebnoe posobie. Izd.: M., 1957. 125 p.
5. Vinogradov A.V. Robotic systems in agriculture / Vinogradov A.V., Tyurin I.Yu., Levchenko G.V. et al. // Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2019. (9). P. 79–81. (In Russ.). – DOI 10.28983/asj.y2019i9pp79-81.

## РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ

*Р.И. Ли, А.С. Комоликов, И.В. Лисовый*

Липецкий государственный технический университет,  
г. Липецк, Россия

**Аннотация.** Приведены результаты исследования композитов эластомера Ф-40С, наполненных металлическими и керамическими наночастицами. Предложена формула расчета прочности нанокompозитов. Максимальное расхождение расчетных и опытных значений прочности для композитов с наночастицами алюминия составляет 13,6%, оксида алюминия – 16,6%.

**Ключевые слова:** деталь, восстановление, подшипник, посадка, полимер, прочность, расчет.

Original article

## POLYMER STRENGTH CALCULATION NANOCOMPOSITES

*R.I. Li, A.S. Komolikov, I.V. Lisovy*

Lipetsk State Technical University,  
Lipetsk, Russia

**Abstract.** The results of the study of F-40S elastomer composites filled with metal and ceramic nanoparticles are given. Formula for strength calculation of nanocomposites is proposed. The maximum discrepancy between the calculated and experimental strength values for composites with aluminum nanoparticles is 13.6%, aluminum oxide - 16.6%.

**Keywords:** part, recovery, bearing, fit, polymer, strength, calculation.

Наполнение полимеров наночастицами может существенно улучшить механические свойства материала [1–8]. Актуальным, в данной ситуации, является вопрос расчета механических свойств полимерных нанокompозитов, что позволит определять их пригодность для использования при восстановлении посадок подшипников в узлах агрегатов трансмиссии.

В настоящее время для описания усиления полимерных нанокompозитов, в сравнении с не наполненными полимерами, используют три модели: традиционную микромеханическую, перколяционную и фрактальную. Две последние модели являются весьма интересными и перспективными. В работе Микитаева приведена формула расчета прочности эластомера, наполненного дисперсными наночастицами. Расчет прочности эластомера Ф-40С,

наполненного дисперсными металлическими наночастицами показал, что расчетные значения отличаются от фактических на два порядка в большую сторону. В работе Псарева предложена формула расчета прочности эластомерных нанокомпозитов, наполненных металлическими наночастицами. Разница между расчетными значениями прочности и фактическими не превышает 14% [9].

Необходимо проверить пригодность этой формулы для расчета прочности эластомеров, наполненных дисперсными, керамическими наночастицами. Поэтому необходимы дальнейшие исследования, которые позволят рассчитывать корректно механические свойства эластомерных композитов, наполненных дисперсными наночастицами.

Цель исследований – разработать метод расчета механических свойств эластомерных нанокомпозитов, наполненных металлическими и керамическими наночастицами.

Исследовали композиты эластомера Ф-40С, наполненные алюминиевыми наночастицами и наночастицами оксида алюминия [10]. Модуль упругости определяли по ГОСТ 9550–81 с использованием специальной оснастки [7]. Деформационно-прочностные свойства композитов эластомера Ф-40С исследовали на образцах в виде пленок по методике в работе [9].

Предложена формула расчета прочности

$$\sigma = \frac{E}{1 + 2\nu + 4\nu^3} [2\nu(\lambda_{\text{мол}}^{-2\nu} + \lambda_{\text{мол}}^{-1-2\nu(1+\nu)})],$$

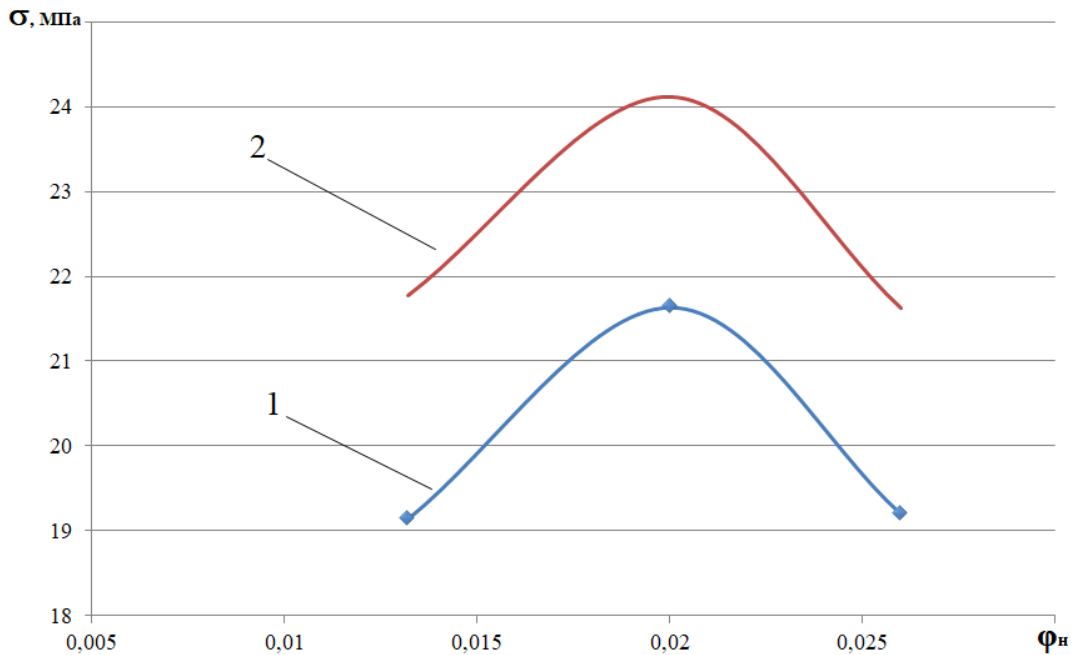
где  $E$  и  $\nu$  – модуль упругости и коэффициент Пуассона композита;  $\lambda_{\text{мол}}$  – молекулярная кратность вытяжки [11].

При введении алюминиевых наночастиц в эластомер фактическая прочность материала увеличивается и достигает максимума в  $\sigma_{\text{оп}} = 21,64 \text{ МПа}$  при содержании наполнителя  $\varphi_{\text{н}} = 0,02$  (состав №1). Дальнейшее увеличение содержания алюминиевых наночастиц снижает прочность, что объясняется образованием агрегатов из наночастиц (рисунок 1).

При содержании алюминиевых наночастиц  $\varphi_{\text{н}} = 0,0132$  расхождение расчетных  $\sigma_{\text{расч}}$  и опытных  $\sigma_{\text{оп}}$  значений прочности имеет максимальное значение  $\Delta = 13,6\%$ . При оптимальном содержании наполнителя расхождение имеет минимальное значение  $\Delta = 11,4\%$  и увеличивается затем с повышением содержания наполнителя в 1,1 раза до  $\Delta = 12,6\%$  при наибольшем содержании наночастиц  $\varphi_{\text{н}} = 0,026$ .

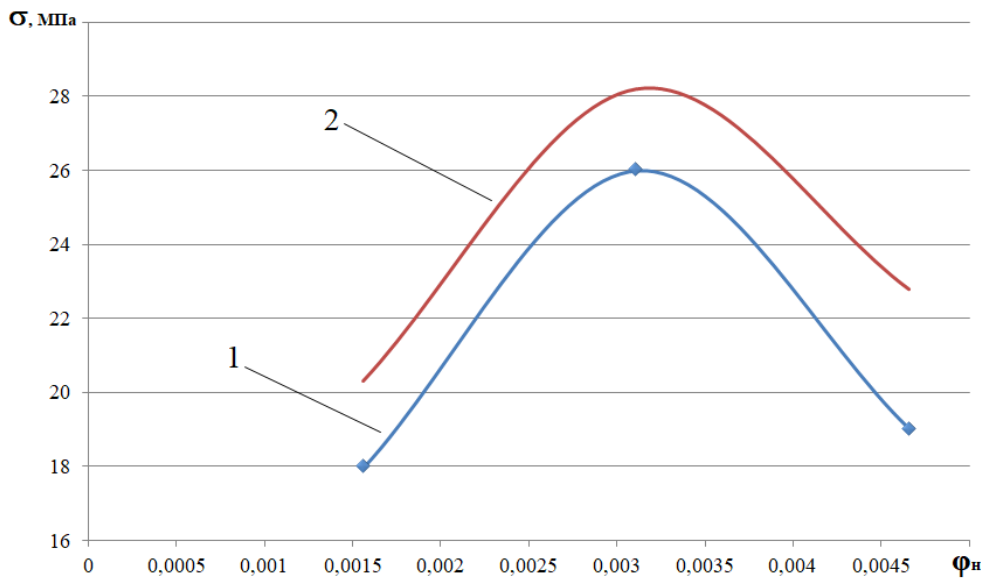
При введении керамических наночастиц в эластомер фактическая прочность материала увеличивается и достигает максимума при  $\sigma_{\text{оп}} = 26,0 \text{ МПа}$  и содержании наполнителя  $\varphi_{\text{н}} = 0,00311$  (состав №2). Дальнейшее увеличение содержания наночастиц оксида алюминия снижает

прочность, что объясняется образованием и ростом размера агрегатов из наночастиц (рисунок 2).



**Рисунок 1. Зависимость прочности нанокompозита  $\sigma$  от содержания алюминиевого нанопорошка  $\varphi_n$  :**

**1 – фактическая прочность; 2 – расчетная прочность**



**Рисунок 2 – Зависимость прочности нанокompозита  $\sigma$  от содержания керамических наночастиц  $\varphi_n$  :**

**1 – эксперимент; 2 – расчет**

При содержании наночастиц оксида алюминия  $\varphi_n = 0,00156$  расхождение расчетных  $\sigma_p$  и опытных  $\sigma_{оп}$  значений прочности составляет значение  $\Delta = 11,3\%$ . При оптимальном содержании наполнителя расхождение имеет минимальное значение  $\Delta = 7,8\%$  и увеличивается затем с повышением содержания наполнителя в 2,12 раза до  $\Delta = 16,6\%$  при наибольшем содержании наночастиц.

Таким образом, разработан метод расчета механических свойств эластомерных нанокомпозитов, наполненных дисперсными наночастицами, позволяющий на основе результатов экспериментальных исследований и фрактального анализа определить значения прочности полимерных материалов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жачкин С.Ю., Пеньков Н.А., Мандрыкин И.А., Беленцов В.Г. Интенсификация восстановления деталей сельхозмашин дисперсно-упрочненным композитным покрытием на основе хрома // Инновации в сельском хозяйстве. 2019. №3 (32). С. 49–54.
2. Кононенко А.С., Дмитраков К.Г. Повышение стойкости полимерных композитов холодного отверждения к воздействию рабочих жидкостей использованием наноматериалов // Международный технико-экономический журнал. 2015. № 1. С. 89–94.
3. Ли Р.И., Псарев Д.Н., Быконя А.Н. Математическая модель инфракрасного нагрева корпусных деталей при восстановлении полимерным материалом // Клеи. Герметики. Технологии. 2019. № 9. С. 38–43.
4. Li, R.I., Psarev, D.N., Kiba, M.R. Promising nanocomposite based on elastomer F-40 for repairing base members of machines // ISSN 1995\_4212, Polymer Science. Series D. Glues and Sealing Materials. 2019. V. 12. No 2. P. 128–132.
5. Полимерные нанокомпозиты: многообразие структурных форм и приложений / А.К. Микитаев, Г.В. Козлов, Г.Е. Заиков. Ин-т биохим. физики им. Н.М. Эмануэля РАН. М.: Наука. 2009. 278 с.
6. Михайлюк А.Е. Разработка эластомерных материалов на основе этиленпропиленовых каучуков, модифицированных высокодисперсными частицами металлов: дис. ... канд. техн. наук. Волгоград, 2014. 140 с.
7. Помогайло А.Д., Розенберг А.С., Уфлянд И.Е. Наночастицы металлов в полимерах. Москва: Химия. 2000. 672 с.
8. Кособудский И.Д. Наноразмерные металлические частицы в полимерных матрицах: I. Синтез, механизмы // Известия высших учебных заведений. 2000. Т. 43 (4). С. 3–18.
9. Псарев Д.Н. Технологические основы восстановления посадок подшипников качения в узлах сельскохозяйственной техники полимерными нанокомпозитами : специальность 4.3.1 «Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса»: дис. ... на соискание ученой степени доктора технических наук. ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ. Мичуринск. 2024.

478 с.

10. Ли Р.И., Псарев Д.Н., Киба М.Р. Основы формирования эксплуатационных свойств полимерных нанокомпозитов для восстановления посадочных мест подшипников качения в узлах техники: монография. Мичуринск: ООО «БиС». 2024. 172 с.

## REFERENCES

1. Zhachkin S.Yu., Penkov N.A., Mandrykin I.A., Belentsov V.G. Intensification of restoration of agricultural machinery parts with a dispersion-hardened composite coating based on chromium//Innovations in agriculture. 2019. №3 (32). S. 49 – 54.

2. Kononenko A.S., Dmitrakov K.G. Increasing the resistance of cold-cured polymer composites to the effects of working fluids using nanomaterials//International Technical and Economic Journal. 2015. № 1. S. 89-94.

3. Lee R.I., Psarev D.N., Bykonya A.N. Mathematical model of infrared heating of body parts during restoration with polymer material//Adhesives. Sealants. Technology. 2019. № 9. S. 38 – 43.

4. Li, R.I., Psarev, D.N., Kiba, M.R. Promising nanocomposite based on elastomer F-40 for repairing base members of machines // ISSN 1995\_4212, Polymer Science. Series D. Glues and Sealing Materials. 2019. V. 12. No 2. P. 128–132.

5. Polymer nanocomposites: a variety of structural forms and applications/A.K. Mikitaev, G.V. Kozlov, G.E. Zaikov. In-t biochim. physicists N.M. Emanuel RAS. M.: Science. 2009. 278 pp.

6. Mikhailyuk A.E. Development of elastomeric materials based on ethylene propylene rubbers modified with fine metal particles: dis.... Candidate of Technology sciences. Volgograd, 2014. 140 s.

7. Pomogailo AD, Rosenberg AS, Uflyand IE Metal nanoparticles in polymers. Moscow: Chemistry. 2000. 672 p.

8. Kosobudsky I.D. Nanoscale metal particles in polymer matrices: I. Synthesis, mechanisms//News of higher educational institutions. 2000. T. 43 (4). S. 3 – 18.

9. D.N. Psarev. Technological fundamentals of restoration of rolling bearing fits in agricultural machinery units with polymer nanocomposites: specialty 4.3.1 "Technologies, machines and equipment for the agro-industrial complex": dis.... for the degree of Doctor of Technical Sciences. FSBEI HE Michurinsky GAU. Michurinsk. 2024. 478 s.

10. Li R.I., Psarev D.N., Kiba M.R. Fundamentals of formation of operational properties of polymer nanocomposites for restoration of rolling bearing seats in engineering units: monograph. Michurinsk: BiS LLC. 2024. 172 pp.



## ПРЕДЕЛ ТЕКУЧЕСТИ ПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ

*Р.И. Ли, А.С. Комоликов, И.В. Лисовый*

Липецкий государственный технический университет,  
г. Липецк, Россия

**Аннотация.** В статье приведены результаты фрактального анализа структуры и экспериментального исследования композитов эластомера Ф-40С, наполненных металлическими и керамическими наночастицами. Рассмотрен оригинальный метод расчета предела текучести нанокompозитов с использованием результатов фрактального анализа и экспериментального исследования композитных материалов.

**Ключевые слова:** деталь, восстановление, полимер, нанокompозит, предел текучести, расчет.

Original article

## YIELD STRENGTH OF POLYMERIC NANOCOMPOSITES

*Р.И. Ли, А.С. Комоликов, И.В. Лисовый*

Lipetsk State Technical University,  
Lipetsk, Russia

**Abstract.** The article presents the results of fractal analysis of the structure and experimental study of F-40S elastomer composites filled with metal and ceramic nanoparticles. An original method for calculating the yield strength of nanocomposites using the results of fractal analysis and experimental study of composite materials is considered.

**Keywords:** part, reduction, polymer, nanocomposite, yield strength, calculation.

Восстановление изношенных посадок подшипников полимерным композитом обеспечивает многократное увеличение ресурса подшипниковых узлов и деталей в агрегатах трансмиссии автомобилей и тракторов [1–3]. Долговечность такой посадки зависит: «...от ресурса полимерного слоя в сопряжении деталь–подшипник, который определяется в значительной мере механическими свойствами полимера. Наполнение полимеров наноразмерными частицами может существенно улучшить механические свойства материала» [4–6]. Актуальным, в данной ситуации, является вопрос расчета механических свойств полимерных нанокompозитов, что позволит определять их пригодность

для использования при восстановлении посадок подшипников в узлах агрегатов трансмиссии.

Важной характеристикой, отражающей эксплуатационные возможности материала, является его предел текучести [3, 7]. Для расчета значений этой характеристики предлагается следующий алгоритм:

Предел текучести на сдвиг: «нанокompозита»  $\tau_k$  следует определять по формуле

$$\tau_k = \tau_p + \frac{G_k b_B}{\lambda_q},$$

где  $\tau_p$  – предел текучести на сдвиг полимерной матрицы;  $G_k$  – модуль сдвига нанокompозита;  $b_B$  – вектор Бюргерса;  $\lambda_q$  – расстояние между наночастицами в композите» [5].

Аналогичный параметр полимерной матрицы  $\tau_p$  определяют по пределу текучести  $\sigma_p$ , используя следующее соотношение:  $\tau_p = \frac{\sigma_p}{\sqrt{3}}$ .

Модуль сдвига: «нанокompозита»  $G_k$  определяют, используя соотношение

$$G_k = \frac{E_k}{d_f^k},$$

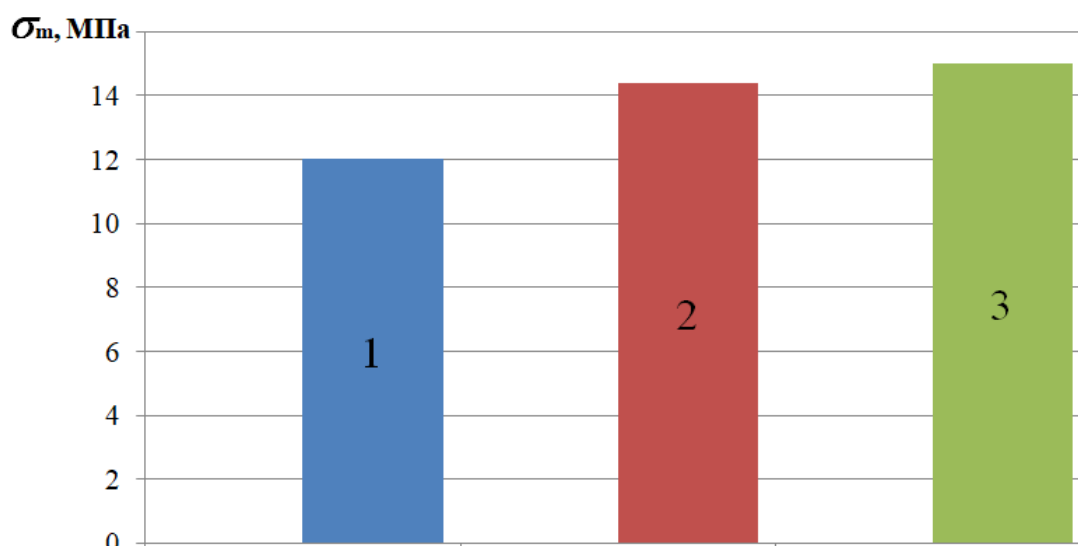
где  $E_k$  – модуль упругости композита;  $d_f^k$  – фрактальная размерность структуры композита» [5].

Величины: «... $b_B$ ,  $\lambda_q$  и  $d_f^k$  определяют при фрактальном анализе структуры исследуемого нанокompозита. В завершении рассчитывают предел текучести материала  $\sigma_k$  используя соотношение:  $\sigma_k = \sqrt{3} \cdot \tau_k$ » [3, 8–9]. В таблице 1 приведены исходные данные для расчета и его результаты.

**Таблица 1 – Исходные данные и результаты расчета**

№ П/ П	$E_k$ , МПа	$d_f^k$	$G_k$ , МПа	$b_B$	$\lambda_q$ , нм	$\tau_m^k$ , МПа	$\sigma_m^k$ , МПа
		Композит: Ф - 40С + Al (состав №1)					
1	158,4	2,77	57,18	3,36	138	8,31	14,4
		Композит: Ф - 40С + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (состав №2)					
2	184	2,65	69,43	3,96	162	8,62	15

На рисунке 1 показаны результаты расчета.



**Рисунок 1. Пределы текучести материалов:  
1 – эластомер; 2, 3 – составы №1 и №2**

Таким образом, разработан метод расчета предела текучести эластомерных нанокомпозитов, наполненных дисперсными наночастицами, позволяющий на основе результатов экспериментальных исследований и фрактального анализа определить значения предела текучести материалов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жачкин С.Ю., Пеньков Н.А., Мандрыкин И.А., Беленцов В.Г. Интенсификация восстановления деталей сельхозмашин дисперсно-упрочненным композитным покрытием на основе хрома // Инновации в сельском хозяйстве. 2019. №3 (32). С. 49–54.
2. Кононенко А.С., Дмитраков К.Г. Повышение стойкости полимерных композитов холодного отверждения к воздействию рабочих жидкостей использованием наноматериалов // Международный технико-экономический журнал. 2015. № 1. С. 89–94.
3. Ли Р.И., Псарев Д.Н., Киба М.Р. Основы формирования эксплуатационных свойств полимерных нанокомпозитов для восстановления посадочных мест подшипников качения в узлах техники: монография. Мичуринск: ООО «БиС». 2024. 172 с.
4. Li, R.I., Psarev, D.N., Kiba, M.R. Promising nanocomposite based on elastomer F-40 for repairing base members of machines // ISSN 1995\_4212, Polymer Science. Series D. Glues and Sealing Materials. 2019. V. 12. No 2. P. 128–132.
5. Полимерные нанокомпозиты: многообразие структурных форм и приложений / А.К. Микитаев, Г.В. Козлов, Г.Е. Заиков. Ин-т биохим. физики им. Н.М. Эмануэля РАН. М.: Наука. 2009. 278 с.
6. Михайлюк А.Е. Разработка эластомерных материалов на основе этиленпропиленовых каучуков, модифицированных высокодисперсными частицами металлов: дис. ... канд. техн. наук. Волгоград, 2014. 140 с.

7. Псарев Д.Н. Технологические основы восстановления посадок подшипников качения в узлах сельскохозяйственной техники полимерными нанокompозитами: специальность 4.3.1 «Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса»: дис. ... на соискание ученой степени доктора технических наук. ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ. Мичуринск. 2024. 478 с.

8. Помогайло А.Д., Розенберг А.С., Уфлянд И.Е. Наночастицы металлов в полимерах. Москва: Химия. 2000. 672 с.

9. Козлов Г.В. Структура и свойства дисперсно-наполненных полимерных нанокompозитов. Успехи физических наук. 2015. Т. 185. №1. С. 35–64.

## REFERENCES

1. Zhachkin S.Yu., Penkov N.A., Mandrykin I.A., Belentsov V.G. Intensification of restoration of agricultural machinery parts with a dispersion-hardened composite coating based on chromium//Innovations in agriculture. 2019. №3 (32). S. 49 – 54.

2. Kononenko A.S., Dmitrakov K.G. Increasing the resistance of cold-cured polymer composites to the effects of working fluids using nanomaterials//International Technical and Economic Journal. 2015. № 1. S. 89-94.

3. Li R.I., Psarev D.N., Kiba M.R. Fundamentals of formation of operational properties of polymer nanocomposites for restoration of rolling bearing seats in engineering units: monograph. Michurinsk: BiS LLC. 2024. 172 pp.

4. Li, R.I., Psarev, D.N., Kiba, M.R. Promising nanocomposite based on elastomer F-40 for repairing base members of machines // ISSN 1995\_4212, Polymer Science. Series D. Glues and Sealing Materials. 2019. V. 12. No 2. P. 128–132.

5. Polymer nanocomposites: a variety of structural forms and applications/A.K. Mikitaev, G.V. Kozlov, G.E. Zaikov. In-t biochim. physicists N.M. Emanuel RAS. M.: Science. 2009. 278 pp.

6. Mikhailyuk A.E. Development of elastomeric materials based on ethylene propylene rubbers modified with fine metal particles: dis.... Candidate of Technology sciences. Volgograd, 2014. 140 s.

7. D.N. Psarev. Technological fundamentals of restoration of rolling bearing fits in agricultural machinery units with polymer nanocomposites: specialty 4.3.1 "Technologies, machines and equipment for the agro-industrial complex": dis.... for the degree of Doctor of Technical Sciences. FSBEI HE Michurinsky GAU. Michurinsk. 2024. 478 s.

8. Pomogailo AD, Rosenberg AS, Uflyand IE Metal nanoparticles in polymers. Moscow: Chemistry. 2000. 672 p.

9. Kozlov G.V. Structure and properties of disperse-filled polymer nanocomposites. Physical science successes. 2015. T. 185. №1. S. 35 – 64.

## ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КОМПОЗИЦИОННЫХ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

*Е.А. Миронова, Д.С. Буров, А.И. Фаткин, Р.Е. Барламов, А.Е. Коробко*

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

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследования композиционных покрытий хрома полученных под воздействием нанодисперсных частиц оксида алюминия. Установлено что композиционное покрытие содержит 1,85% алюминия, тогда как чистый гальванический хром содержит 0,01% алюминия, что свидетельствует о внедрении нанодисперсных частиц в гальваническое покрытие в процессе электролиза.

**Ключевые слова:** гальваническое покрытие, нанодисперсные частицы, микротвердость, композиционные покрытия, оксид алюминия, хромирование.

Original article

## CHEMICAL COMPOSITION OF COMPOSITE ELECTROPLATING COATINGS

*E.A. Mironova, D.S. Burov, A.I. Fatkin, R.E. Barlamov, A.E. Korobko*

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

**Abstract.** The article presents the results of a study of composite chromium coatings obtained under the influence of nanodispersed aluminum oxide particles. It was found that the composite coating contains 1.85% aluminum, while pure electroplated chromium contains 0.01% aluminum, which indicates the introduction of nanodispersed particles into the electroplating during electrolysis.

**Keywords:** electroplating, nanodisperse particles, microhardness, composite coatings, aluminum oxide, chrome plating.

### Введение.

В последнее время, все большее распространение в различных областях промышленности получает технология нанесения композиционных гальванических покрытий (КГП) [1-3]. Особенностью получения таких покрытий является то, что вместе с металлом из гальванической или химической ванны на детали осаждаются дисперсные частицы, волокна и усы различных карбидов, боридов, оксидов, сульфидов, порошков полимеров и т.д. Включение дисперсных материалов в металлическую матрицу значительно изменяет свойства покрытий. Однако широкое внедрение КГП в практику

машиностроительного и ремонтного производства сдерживается из-за ограниченности сведений по технологии нанесения, физико-механическим свойствам, структуре и износостойкости, отсутствия методов расчета и прогнозирования состава покрытий и т.д.

Анализ литературных данных показал, что в качестве упрочнителей применяют частицы, волокна и усы различных материалов с размерами от 200 нм и более [4-5]. Заращивание дисперсных материалов с такими размерами осаждаемым металлом затруднено из-за высокой скорости седиментации частиц и ряда других факторов. Однако в настоящее время появились технологии получения частиц нанометрового диапазона. Добавляя нанодисперсные порошки (НДП) в электролиты и растворы, можно получать покрытия с улучшенными физико-механическими свойствами, а именно повысить их микротвердость, износостойкость, антифрикционные характеристики, коррозионную стойкость и т.д. Такие покрытия могут быть использованы не только для восстановления и упрочнения деталей машин, но и для решения других задач производства.

В связи с этим были проведены исследования по определению влияния НДП на химический состав КГП на основе хрома, так как такие покрытия являются наиболее перспективным для создания твердых, износостойких, антифрикционных и коррозионностойких покрытий.

#### **Методика исследований.**

При выборе материала нанодисперсных частиц руководствовались следующими основными соображениями:

- частицы должны обладать достаточной твердостью для увеличения микротвердости покрытия;
- частицы должны иметь высокую химическую стойкость в электролитах и растворах и хорошо ими смачиваться;
- частицы должны обеспечивать повышенную коррозионную стойкость и износостойкость покрытия.

В соответствии с этими требованиями для получения КГП на основе хрома была отобрана группа НДП:  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $\text{SiC}$ ;  $\text{TiC}$ ;  $\text{WC}$ ;  $\text{BN}$ ;  $\text{B}$ ;  $\text{AlN}$ .

Методика проведения исследований предусматривала:

- определение наиболее эффективной нанодисперсной фазы (эффективность нанодисперсной фазы оценивали по микротвердости полученных покрытий);
- проведение исследований структуры и состава полученных покрытий. Покрытия наносили на лабораторной установке (рисунок 1).



**Рисунок 1. Лабораторная гальваническая установка**

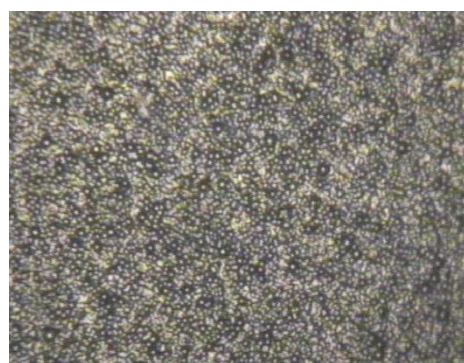
### **Результаты исследований.**

Проведенные исследования КГП на основе хрома показали, что наибольшей микротвердостью (1400HV) обладает покрытие, полученное при введении в электролит хромирования НДП  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (микротвердость покрытия без НДП – 900...1000HV).

Изучение структуры полученных покрытий позволило установить (рисунок 2), что на поверхности КГП отсутствуют трещины, тогда как при стандартном хромировании поверхность имеет достаточно глубокую сетку трещин, это свидетельствует о снижении внутренних напряжений, которые образуются в процессе кристаллизации хрома. Кроме того, установлено, что частицы распределяются в покрытии достаточно равномерно.



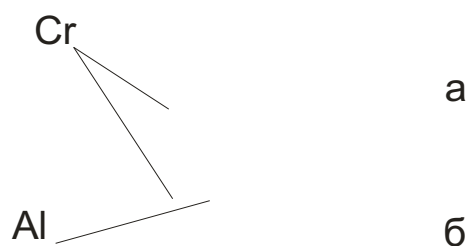
**а**



**б**

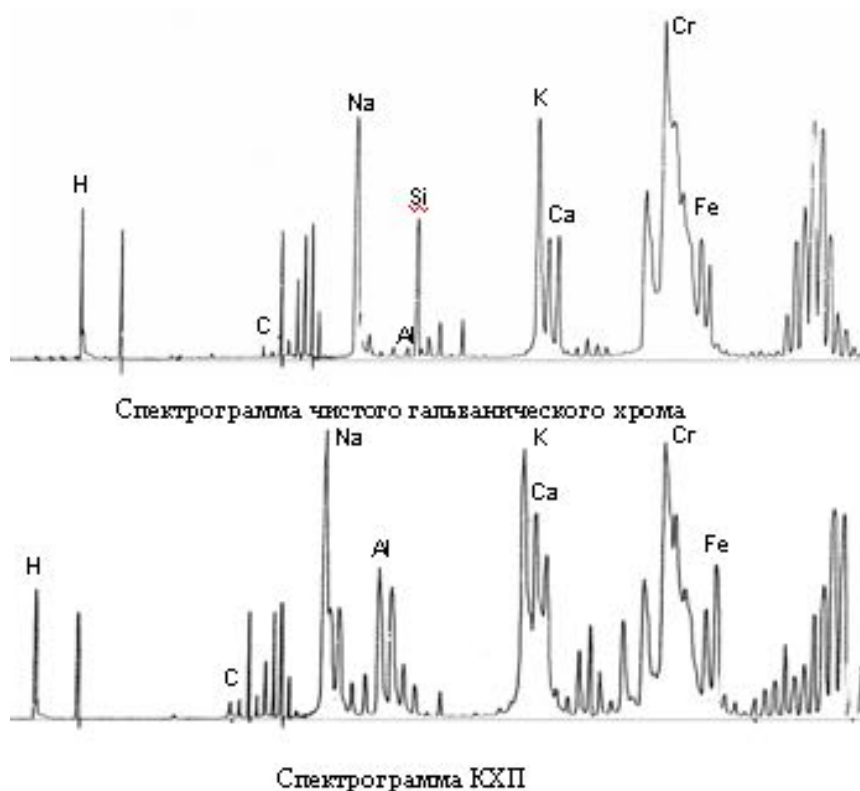
**Рисунок 2. Поверхность КГП на основе хрома: а – без нанодисперсных частиц; б – с нанодисперсными частицами (x220)**

С целью определения элементного состава полученных покрытий и обнаружения в покрытии следов алюминия были проведены соответствующие исследования. В результате масспектрального и лазерного эмиссионного анализов были получены спектрограммы гальванических покрытий (рисунок 3, 4), в КГП было обнаружено наличие алюминия, тогда как при анализе чистого хрома алюминия в покрытии не обнаружено.



**Рисунок 3. Фрагмент спектрограммы лазерного эмиссионного анализа: а – стандартного хрома; б – композиционного хрома**

Кроме того, установлено, что КГП содержит 1,85% алюминия, тогда как чистый гальванический хром содержит 0,01% алюминия. Таким образом, было установлено, что нанодисперсные частицы, вводимые в электролит хромирования, в процессе электролиза внедряются в гальваническое покрытие, что приводит к изменению его структуры и как следствие к изменению физико-механических свойств.



**Рисунок 4. Спектрограммы масспектрального анализа**

#### **Закключение.**

Вышеизложенное свидетельствует о том, что КГП на основе хрома



обладает повышенной микротвердостью. Область применения таких покрытий достаточно разнообразна. Они являются перспективными не только для упрочнения и восстановления ответственных деталей машин, работающих в условиях интенсивного изнашивания, но и для повышения жаростойкости деталей, защиты от коррозии в атмосферных условиях и агрессивных средах, повышения срока службы мерительного и режущего инструмента, штампов, пресс-форм и т.д.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антропов, Л. И. Композиционные электрохимические покрытия и материалы / Л. И. Антропов, Ю. Н. Лебединский. – Киев: Техника, 1986. – 200 с.
2. Бородин, И. Н. Порошковая гальванотехника / И. Н. Бородин. – М.: Машиностроение, 1990. – 235 с.
3. Сайфуллин, Р. С. Композиционные покрытия и материалы / Р. С. Сайфуллин. – М.: Химия, 1977. – 270 с.
4. Effect of alumina nanoparticles on the structure and physicochemical properties of chromium coatings / V. V. Safonov [et al.] // Surface Engineering and Applied Electrochemistry. – 2015. – Vol. 51. – No. 6. – P. 517-522.
5. 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.

## REFERENCES

1. Antropov, L. I. Composite electrochemical coatings and materials / L. I. Antropov, Yu. N. Lebedinsky. Kiev: Technika, 1986. 200 p.
2. Borodin, I. N. Powder electroplating / I. N. Borodin. Moscow: Mashinostroenie, 1990. 235 p.
3. Saifullin, R. S. Composite coatings and materials / R. S. Saifullin. – M.: Chemistry, 1977. – 270 p.
4. Effect of alumina nanoparticles on the structure and physicochemical properties of chromium coatings / V. V. Safonov [et al.] // Surface Engineering and Applied Electrochemistry. – 2015. – Vol. 51. – No. 6. – P. 517-522.
5. 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.

# «РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ»

---

Научная статья

УДК 621.436+665.7.035

## АЛЬТЕРНАТИВНОЕ МОТОРНОЕ ТОПЛИВО ДЛЯ АВТОТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

*Д.А. Уханов<sup>1</sup>, А.П. Уханов<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России», г. Москва

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ, г. Пенза

**Аннотация.** С целью расширения номенклатуры альтернативных моторных топлив для дизельных двигателей наземной транспортной техники разработана новая топливная композиция – биокеросин на основе авиационного керосина ТС-1 с добавлением к нему рапсового масла и цетаноповышающей присадки этилгексилнитрата в определенной концентрации компонентов, что позволило получить всесезонное моторное топливо, не уступающее по своим физико-химическим и эксплуатационным свойствам всем сортам стандартного нефтяного дизельного топлива. Биокеросин обеспечивает надёжный пуск и бесперебойную работу двигателя в различных природно-климатических условиях эксплуатации наземной транспортной техники, а также паспортные значения мощностных, топливно-экономических и экологических показателей дизеля. Выпускаемые отечественной промышленностью транспортные дизели полностью адаптированы к работе на биокеросине.

**Ключевые слова:** нефтяное дизельное топливо, авиационный керосин, рапсовое масло, присадка, биокеросин, испытания.

Original article

## ALTERNATIVE MOTOR FUEL FOR AUTOMOTIVE AND TRACTOR DIESEL ENGINES

*D.A. Ukhanov<sup>1</sup>, A.P. Ukhanov<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>FAE «The 25-th state research institute of chemmotology, ministry of defense of Russia Federation», Moscow, Russia

<sup>2</sup>Penza state agrarian university, Penza, Russia

**Abstract.** In order to expand the range of alternative motor fuels for diesel engines of ground transport equipment have developed a new fuel composition – biokerosene based on TS-1 aviation kerosene with the addition of rapeseed oil and cetane-

boosting additive ethylhexyl nitrate in a certain concentration of components, which made it possible to obtain an all-season motor fuel that is not inferior in its physical, chemical and operational properties to all grades of standard petroleum diesel fuel. Biokerosene ensures reliable starting and uninterrupted operation of the engine in various natural and climatic conditions of operation of ground transport equipment, as well as the passport values of power, fuel-economic and environmental indicators of diesel. Transport diesel engines produced by the domestic industry are fully adapted to operate on biokerosene.

**Keywords:** petroleum diesel fuel, aviation kerosene, rapeseed oil, additive, biokerosene, testing.

## **Введение.**

В соответствии с принятой в Российской Федерации (РФ) Климатической доктриной достичь углеродной нейтральности РФ планирует не позднее 2060 года. К 2030 году РФ намерена удвоить мощности возобновляемых источников энергии с 6 ГВт до 12 ГВт.

К возобновляемым низкоуглеродным источникам энергии относится биотопливо, разновидностью которого является дизельное смесевое бионефтяное топливо (СБНТ) на основе нефтяного дизельного топлива (ДТ) и растительного масла технического назначения. Наиболее распространенным растительными маслами, используемыми в качестве биокompонента дизельного СБНТ в странах Европы и РФ, являются рапсовое, рыжиковое и сурепное масла [1-5].

Посевные площади в России, отводимые под масличные культуры (рапс, рыжик, соя и другие), составляют примерно 5850 тыс. га или 6-8 % площади всех сельскохозяйственных посевов. Посевные площади в РФ под масличные культуры можно существенно увеличить, так как на её территории насчитывается около 40 млн. га неиспользуемых сельхозземель. Поэтому эфиры растительных масел технического назначения, производимые из вышеперечисленных масличных культур, выращиваемых на неиспользованных землях и введённых в сельхозоборот, можно без ущерба продовольственной безопасности страны использовать в качестве биодобавки к нефтяному ДТ или авиационному керосину, получая при этом соответственно биодизель или биокеросин.

## **Методика исследований.**

Перспективным альтернативным моторным топливом для транспортных дизелей является биокеросин ДТ [6, 7], приготовленный на основе авиационного керосина ТС-1 с добавлением к нему рапсового масла (РМ) и цетаноповышающей присадки этилгексилнитрата (ЭГН) в определенном соотношении компонентов, что позволяет получить моторное топливо, не уступающее по своим физико-химическим и эксплуатационным свойствам стандартному нефтяному ДТ.

Для подтверждения возможности практического применения биокеросина (БК) в качестве альтернативного моторного топлива для дизелей были выполнены лабораторные и стендовые исследования. В лабораторных условиях определены его основные физико-химические свойства (плотность, вязкость, цетановое число, низшая теплота сгорания, смазывающая способность по диаметру пятна износа) с массовым содержанием в авиационном керосине ТС-1 рапсового масла 10, 20, 30, 40 и 50%, этилгексилнитрата 0,3% в сравнении с нефтяным летним дизельным топливом ДТ-Л-К5. В стендовых условиях экспериментальные исследования проводились на моторном стенде при работе турбонаддувного дизеля Д-245.12С на биокеросине марок БК-20, БК-30 и БК-40, по результатам которых определены показатели процесса сгорания топлива (период задержки воспламенения, максимальное давление цикла, средняя скорость нарастания давления газов, степень повышения давления), эффективные показатели дизеля (эффективная мощность, эффективный КПД, удельный эффективный расход топлива) [8], дымность и температура отработавших газов на выпуске в сравнении с работой дизеля на товарном нефтяном топливе ДТ-Л-К5.

#### **Результаты исследований.**

Из анализа данных таблицы 1 следует, что биокеросин марок БК-20, БК-30 и БК-40 по показателям физических свойств, воспламеняемости и теплотворной способности сопоставим с товарным летним ДТ и соответствует требованиям ГОСТ 32511–2013 и ГОСТ 305–2013.

**Таблица 1 – Основные показатели физико-химических свойств исследуемых моторных топлив**

Исследуемые моторные топлива	Плотность при 15°C, кг/м <sup>3</sup>	Кинематическая вязкость при 40 °C, мм <sup>2</sup> /с	Цетановое число	Низшая теплота сгорания, МДж/кг	Смазывающая способность: скорректированный диаметр пятна износа при 60 °C, мкм
Летнее ДТ (нормы по ГОСТ 32511–2013)	820-845	2,0-4,5	не менее 51	не регламентируется	не более 460
Летнее ДТ (нормы по ГОСТ 305–2013)	не более 863,4	3,0-6,0*	не менее 45	не регламентируется	не регламентируется
ДТ-Л-К5	837,3	2,593	56,3	42,96	403

БК-10: 89,7%ТС-1+ +10%РМ+0,3% ЭГН	801,0	1,423	52,9	42,80	208
БК-20: 79,7%ТС-1+ +20%РМ+0,3% ЭГН	815,1	2,008	52,5	42,22	188
БК-30: 69,7%ТС-1+ +30%РМ+0,3% ЭГН	828,2	2,677	50,5	41,68	186
БК-40: 59,7%ТС-1+ +40%РМ+0,3% ЭГН	841,7	3,720	48,7	41,14	211
БК-50: 49,7%ТС-1+ +50%РМ+0,3% ЭГН	855,3	5,201	46,9	40,62	220

\*Кинематическая вязкость при 20 °С, мм<sup>2</sup>/с

Результаты экспериментальных исследований (см. табл. 2) по вышеуказанным оценочным показателям, а также по продолжительности пуска холодного дизеля, свидетельствуют о том, что наиболее близким к товарному нефтяному ДТ является биокеросин БК-40. Следует отметить, что по пусковым свойствам биокеросин превосходит нефтяное ДТ.

**Таблица 2 – Показатели дизеля при работе на различных образцах моторного топлива (режим полной мощности при номинальной частоте вращения коленчатого вала)**

Оценочные показатели	Нефтя- ное дизель- ное топливо ДТ-Л-К5	Образцы биокеросина		
		79,7%ТС-1+ +20%РМ+ +0,3%ЭГН	69,7%ТС-1+ +30%РМ+ +0,3%ЭГН	59,7%ТС-1+ +40%РМ+ +0,3%ЭГН
Эффективная мощность, кВт	77,5	67,7	69,1	71,9
Удельный эффективный расход топлива, г/(кВт·ч)	275,4	283,7	287,1	289,3
Эффективный КПД	0,3043	0,2974	0,3008	0,3025
Период задержки воспламенения, мс	0,429	0,474	0,464	0,446

Максимальное давление цикла, МПа	11,34	10,46	10,70	10,86
Средняя скорость нарастания давления газов, МПа/град. п.к.в.	0,205	0,188	0,193	0,199
Степень повышения давления	2,246	2,071	2,118	2,150
Температура отработавших газов в выпускном коллекторе, °С	624	573	576	583
Дымность отработавших газов, %	13,4	14,1	13,1	12,5

### **Заключение.**

Таким образом, биокеросин с вышеуказанным компонентным составом расширяет номенклатуру моторных топлив и может применяться в дизелях автотракторной техники в качестве альтернативного дизельного топлива. Это позволит частично декарбонировать энергетику страны, снизить зависимость от не возобновляемого нефтяного топлива, улучшить экологическую безопасность, увеличить посевные площади под масличные культуры для производства растительных масел технического назначения и последующего использования их в качестве биодобавки к различным видам нефтяного моторного топлива.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Уханов А.П. Опыт использования сурепно-минерального топлива в дизеле сельскохозяйственного трактора: монография / А.П. Уханов, Д.А. Уханов. – Пенза: РИО ПГСХА, 2016. – 179 с.
2. Показатели физико-химических, теплотворных и трибологических свойств масла крамбе и дизельного смесового топлива / А.П. Уханов, О.С. Володько, А.П. Быченин, М.П. Ерзамаев // Нива Поволжья. – 2018. – № 2 (47). – С. 141-148.
3. Снижение износа плунжерных пар ТНВД применением смесового рапсово-минерального топлива: монография / Д.А. Уханов, А.П. Уханов, Е.Г. Ротанов, А.С. Аверьянов. – Пенза: РИО ПГАУ, 2017. – 212 с.
4. Особенности работы дизеля на сурепно-минеральном топливе в режиме холостого хода / А.П. Уханов, Е.А. Сидоров // Нива Поволжья. – 2013. – № 3(28). – С.101-104.
5. Двухтопливная система питания дизеля / А.П. Уханов, Е.А. Хохлова, Е.А. Сидоров, Е.Д. Година // Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники: Материалы Межгосуд. науч.-техн. семинара. Вып. 25. – Саратов: СГАУ, 2012. – С. 272-274.

6. Патент 2802026 РФ, МПК C10L 1/08, C10L 1/02, C10L 1/19. Топливная композиция для дизельных двигателей внутреннего сгорания / Д.А. Уханов, А.Д. Черепанова. – №2022126888; Заяв. 17.10.2022; Оpubл. 22.08.2023, Бюл. № 24.

7. Патент 2838719 РФ, МПК C10L1/88, C10L1/08, C10L1/02, C10L1/12. Биокеросин для транспортных дизелей / А.П. Уханов, А.Д. Уханов. – №2024125524; Заяв. 30.08.2024; Оpubл. 22.04.2025, Бюл. № 12.

8. Способ и средства улучшения эксплуатационных показателей тракторного дизеля / М.В. Рыблов, А.П. Уханов, Д.А. Уханов // Научное обозрение. – 2014. – № 3. – С. 42-49.

## REFERENCES

1. Ukhanov A.P. Experience of using rapeseed-mineral fuel in the diesel engine of an agricultural tractor: monograph / A.P. Ukhanov, D.A. Ukhanov. – Penza: RIO PGSKhA, 2016. – 179 p.

2. Indicators of physicochemical, calorific and tribological properties of crambe oil and diesel mixed fuel / A.P. Ukhanov, O.S. Volodko, A.P. Bychenin, M.P. Erzamaev // Niva Povolzhya. – 2018. – No. 2 (47). – P. 141-148.

3. Reducing wear of plunger pairs of fuel injection pumps by using mixed rapeseed-mineral fuel: monograph / D.A. Ukhanov, A.P. Ukhanov, E.G. Rotanov, A.S. Averyanov. - Penza: RIO PGAU, 2017. – 212 p.

4. Features of diesel operation on rapeseed-mineral fuel in idle mode / A.P. Ukhanov, E.A. Sidorov // Niva Povolzhya. – 2013. - No. 3 (28). – P. 101-104.

5. Dual-fuel system of diesel fuel supply / A.P. Ukhanov, E.A. Khokhlova, E.A. Sidorov, E.D. Godina // Problems of economy and operation of motor-tractor equipment: Proceedings of the Interstate scientific-technical seminar. Issue 25. – Saratov: SSAU, 2012. – P. 272-274.

6. Patent 2802026 RF, IPC C10L 1/08, C10L 1/02, C10L 1/19. Fuel composition for diesel internal combustion engines / D.A. Ukhanov, A.D. Cherepanova. – No. 2022126888; Appl. 17.10.2022; Published 22.08.2023, Bulletin No. 24.

7. Patent 2838719 of the Russian Federation, IPC C10L1/88, C10L1/08, C10L1/02, C10L1/12. Biokerosene for transport diesel engines / A.P. Ukhanov, A.D. Ukhanov. – No. 2024125524; Appl. 30.08.2024; Published 22.04.2025, Bulletin No. 12.

8. Method and means for improving the performance of a tractor diesel engine / M.V. Ryblov, A.P. Ukhanov, D.A. Ukhanov // Scientific Review. – 2014. – No. 3. – P. 42-49.

# ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

---

Научная статья  
УДК 504.05+621

## ЭКОЛОГИЧНОСТЬ РЕНОВАЦИИ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

*Б.В. Намаконов<sup>1</sup>, М.Е. Герасимов<sup>2</sup>, А.А. Хайруллин<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Автомобильно-дорожный институт Донецкого национального  
технического университета, г. Горловка,

<sup>2</sup>Федеральное государственное унитарное предприятие «НАМИ», г. Москва,

**Аннотация.** В работе показана высокая экологическая и технико-экономическая эффективность реновации отработанных изделий, позволяющая на данном этапе его жизненного цикла сохранить свыше 95% ранее затраченных ресурсов и в десятки раз снизить загрязнения окружающей среды. Работа предназначена для специалистов всех уровней, занимающихся вопросами изучения, исследования, проектирования, конструирования, изготовления и использования технических изделий в рамках экологии производства автотракторной техники.

**Ключевые слова:** загрязнение окружающей среды, природные ресурсы, нормативно-правовая и техническая база, утилизация, рециклинг, реанимационно-экологическая концепция.

Original article

## ENVIRONMENTAL FRIENDLINESS OF RENOVATION OF TRACTOR EQUIPMENT

*B.V. Namakonov<sup>1</sup>, M.E. Gerasimov<sup>2</sup>, A.A. Khairullin<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Automobile and Road Institute of the Donetsk National  
Technical University, Gorlovka

<sup>2</sup>Federal State Unitary Enterprise «NAMI», Moscow

**Abstract.** The scientific work demonstrates the high ecological and technical-and-economic efficiency of renovation of used products, allowing at this stage of its life cycle to save over 95% of previously spent resources and reduce environmental



pollution by ten folds. The work is intended for specialists at all levels involved in the study, re-search, design, construction, manufacture and use of technical products within the framework of the ecology of the production of automotive equipment.

**Keywords:** environmental pollution, natural resources, eco-friendliness of product renovation, regulatory and technical framework, utilization, recycling, resuscitation-ecological concept of industrial production.

За последние 20 лет идёт ежегодное ужесточение природных катаклизмов. Это подтвердил очередной созыв 30-й Конференции ООН по климату (COP-30), которая состоится 10–21 ноября 2025 года в Белене (Бразилия) и это ощущает человечество в настоящее время. Основная причина повышения экологической напряженности – загрязнение окружающей среды отходами антропогенной деятельности. Решения этих проблем лежат в применении операций рециклинга.

Главный источник загрязнения окружающей среды (далее - ЗОС) – это ежегодное прогрессивное потребление не возобновляемых природных ресурсов. Промышленные предприятия (горнодобывающая, металлургическая, энергетическая, машиностроительная, химическая отрасли и др.) являются основными (более 90%) потребителями природных ресурсов. Они представляют собой основной источник загрязнения окружающей среды, которые дают свыше 90% всех загрязнений, так как все природные ресурсы полезно используются всего на 1,5...2,0%. Значительную долю потребления занимает машиностроительная отрасль, в частности- производство автотракторной продукции. [1,2].

В соответствии ГОСТ 30772-2001[3]. «Ресурсосбережение. обращение с отходами. Термины и определения», рециклинг – это «Процесс возвращения отходов, сбросов и выбросов в процессы техногенеза». Методы утилизации отходов можно разделить на три варианта. Утилизация – первый вариант рециклинга; второй – реновация и третий – использование по прямому назначению годных частей изделия (Рис.1).

При первом варианте рециклинга (утилизация) – твердые коммунальные отходы используются путём получения материала для вторичного использования после полной переработки техники для применения при производстве новой автотракторной продукции.



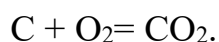
**Рисунок 1. Варианты рециклинга в процессе эксплуатации автотракторной техники**

Промышленные предприятия потребляют свыше 80 % добываемого невозобновляемого углеводородного топлива, сжигание которого при производстве технических изделий является основным источником выбросов. Количество выбросов при сжигании топлива для производства технических изделий определяем по формуле:

$$B = B_{\text{уд}} \cdot \mathcal{E}_{\text{уд}} \cdot M_{\text{изд}},$$

где  $B$  – выбросы при сжигании условного топлива (ут), кг;  $\mathcal{E}_{\text{уд}}$  – удельный расход ут на единицу массы изделия, кг ут/кг [1];  $B_{\text{уд}} = 3,7 \text{ кг/кг ут}$  – удельные выбросы на кг ут;  $M_{\text{изд}}$  – масса изделия, кг.

Качественный и количественный состав выбросов при сгорании топлива зависит от многих факторов: качество самого топлива, конструкции энергетических установок, условий сгорания и др. В данном случае для сравнительного анализа выбросов при сгорании топлива достаточно принять условную величину выбросов из уравнения реакции горения углерода:



При сжигании 1 кг условного топлива (ут), образуется 3,7 кг  $\text{CO}_2$ . Для выплавки 1 т стали требуется 1,55 т ут [1], при сжигании которого в атмосфере-ру выделяется  $(1,55 \cdot 3,7) = 5,735$  тонн двуокиси углерода.

Расчётное количество выбросов при изготовлении и реновации изделий из различных материалов приведено в таблице 1.

**Таблица 1 – Расчётное количество выбросов при изготовлении и реновации изделий из различных материалов**

Материал изделия	Количество выбросов в тоннах на 1 тонну изделия <i>(Затраты материала и других ресурсов при реновации менее 1 % от массы изделия)</i>		
	Изготовление	Реновация	Кратность
Сталь, чугун	5,735	0,57	100
Медь	10,545	0,11	100
Алюминий	43,142	0,43	100
Свинец	30,525	0,31	100

**Таблица 2 – Нормативы образования лома черных металлов при утилизации некоторых видов техники. [4]**

Наименование	Масса изд., кг	Наименование	Масса изд., кг
Комбайны зерноуборочные	7000	Тракторы(средняя масса)	4500
Комбайны силосоуборочные	3000	Прицепы тракторные	2400
Комбайны кукурузоуборочные	4000	Погрузчики универсальные, грейферные, фронтально- грейферные	850
Комбайны картофелеуборочные	4600	Скреперы прицепные и самоходные	700
Комбайны свеклоуборочные	3300	Машины дождевальные и поливальные	3000
Экскаваторы одноковшовые	5700	Канавокопатели и каналокопатели	600
Бульдозеры на тракторной базе	9600	Грейдеры прицепные и автогрейдеры	9500

В таблице 2 приведены нормативы образования лома черных металлов при утилизации одной единицы некоторых видов техники.

При использовании второго варианта рециклинга (реновация), компоненты отходов подвергаются определённым технологическим операциям и используются повторно по прямому назначению в том виде, в котором они были извлечены из отходов.

Этот вариант обеспечивает максимально возможное ресурсосбережение и минимум неиспользуемых отходов. Сравнение ежедневного среднего объёма, выброшенного CO<sub>2</sub> в атмосферу при использовании утилизации и реновации приведён в таблице 3.

Для реновации (взамен изготовления новых) списанных автомобилей и возвращение их в эксплуатацию, на примере 2023 года, требуется в 100 раз меньше материала и других ресурсов, поэтому выбросы сокращаются тоже в 100 раз – до 2082,4 тонн в день. При реновации изделий из алюминия и его сплавов абсолютные показатели снижения выбросов уменьшаются в 7-8 раз. [1,2].

Предполагаемая экономия за счёт восстановления деталей составляет 8 500 тыс. тонн металла, на изготовление которого требуется: 1 530 мкВт/ч электроэнергии, 6 800 тыс. т угля, 3 200 тыс. т известняка и 1 450 млн. м<sup>3</sup>/га.

**Таблица 3 – Расчёт ежедневного среднего объёма CO<sub>2</sub>, выброшенного в атмосферу при утилизации или реновации автомобилей**

Мировое производство стали в 2023 г, млрд. т	1,888
Среднегодовая потребность рынка автомобилей, шт	66 266 842
Среднегодовая доля стали для производства автомобилей, %	7
Средняя масса стали в условном автомобиле, т	2
Среднегодовая потребность стали, для производства автомобилей, т	132 533 684
Среднегодовая доля от годового выпуска автомобилей для утилизации (около 10%), шт	6 626 684
Среднегодовой объём стали при утилизации автомобилей, т/год	13 253 368
Среднегодовой объём CO <sub>2</sub> , выброшенный в атмосферу при утилизации автомобилей, т/год	76 008 068
Ежедневный средний объём выброшенного CO <sub>2</sub> при утилизации автомобилей, т/день	208 241
Ежедневный средний объём выброшенного CO <sub>2</sub> при реновации автомобилей, т/день	2082

Таким образом, приходим к выводам:

- при массовом восстановлении все списанные технические изделия, изготовленные из разных материалов: сельскохозяйственная, дорожно-

строительная, транспортная, бытовая, машиностроительная, горнодобывающая техника, водные и воздушные суда, приборы и др., количество промышленных выбросов оксида углерода и других загрязнений атмосферы уменьшается приблизительно в 100 раз. (Табл.1).

- многочисленные исследования и мировой производственный опыт показывают, что многократное снижение расхода первичных материалов и энергии, а, следовательно, и снижение загрязнений окружающей среды обеспечивает реновация технических изделий, отслуживших свой первый регламентный цикл [5].

- в конце своего регламентного срока свыше 90% машин выходят из строя по причине износа рабочих поверхностей деталей. Величина износа не превышает 0,1...0,5% веса изделия, а ресурс материала далеко не выработан. Как видно, затраченные на его производство трудовые, материальные и другие ресурсы используются всего только на 0,5 % [5].

Учитывая высокую экологическую эффективность реновации отработанной технической продукции, необходимо на государственном уровне разработать и принять законодательную базу реновационно-экологической концепции промышленного производства технической продукции, которая предполагает:

1. Разработку и внедрение реновационно-экологических регламентов технической продукции;
2. Создание нормативно-правовой и технической базы, необходимой для создания и жизнеспособности системы реновации;
3. Возможность эффективной реновации должна быть обязательным требованием их разработки и производства изделий.
4. Разработать поощрительный механизм для изготовителей экологически чистой продукции и внедрения технологий реновации;
5. Программы изучения технических дисциплин в ВУЗах и профильных колледжах должны предусматривать реновационно-экологический раздел.
6. Широко популяризировать экологичность реновации изделий на уровне государственной политики.

Промышленная реновация массовых технических изделий – это стратегическое решение проблемы загрязнения окружающей среды и требует пристального внимания в научной, образовательной, производственно-технической и государственной сферах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Намаконов Б.В., Мельников Э.Л. Реновационно-экологическая концепция промышленного производства. МГТУ им. Н. Э. Баумана. Тип: монография. Год издания: 2024. Место издания: Донецк. Число страниц: 106. Тираж 300 экз. Издательство: Донецкий национальный технический университет

2. Намаконов Б. В. Методика расчета производственной экологичности машин. Тяжелое машиностроение. – 2009. – № 3. – С. 28–30
3. ГОСТ 30772-2001 Ресурсосбережение. обращение с отходами. Термины и определения
4. Герасимов В.С., Соловьёв Р.Ю., Игнатов В.И., Буряков А. «Актуальные вопросы по формированию системы утилизации сельскохозяйственной техники» С.А, сборник труды ФГБНУ ГОСНИТИ Конференция «Современное состояние и перспектив развития агропромышленного комплекса» Курган, 2016 г. – С. 520–527
5. Лялякин В.П. Восстановление деталей – важное направление в исследованиях ГОСНИТИ. Труды ГОСНИТИ, т. 113, Москва, 2013-С. 233–244.

## REFERENCES

1. Namakonov B.V., Melnikov E.L. Renovation and Ecological Concept of Industrial Production. Bauman Moscow State Technical University. Type: monograph. Year of publication: 2024. Place of publication: Donetsk. Number of pages: 106. Circulation 300 copies. Publisher: Donetsk National Technical University.
2. Namakonov B.V. Methodology for Calculating the Industrial Environmental Performance of Machines. Heavy Engineering. – 2009. – No. 3. – pp. 28–30.
3. GOST 30772-2001 Resource Conservation. Waste Management. Terms and Definitions
4. Gerasimov V.S., Solovyov R.Yu., Ignatov V.I., Buryakov A. «Current Issues in the Formation of an Agricultural Machinery Recycling System» S.A., collected works of the Federal State Budgetary Scientific Institution GOSNITI, Conference "Current State and Development Prospects of the Agro-Industrial Complex", Kurgan, 2016, pp. 520–527
5. Lyalyakin V.P. Restoration of Components – an Important Area in GOSNITI Research. GOSNITI Transactions, Vol. 113, Moscow, 2013, pp. 233–244.

## АНАЛИЗ СПОСОБОВ УПРОЧНЕНИЯ РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ УБОРОЧНЫХ МАШИН

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

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

**Аннотация.** В статье рассмотрены существующие методы упрочнения режущих элементов уборочных машин, оценены их достоинства и недостатки, отмечены наиболее перспективные способы упрочнения, применение которых может значительно увеличить ресурс режущих элементов уборочных машин.

**Ключевые слова:** упрочнение, режущие элементы, наноразмерные материалы, нанокпозиционные покрытия.

Original article

## ANALYSIS OF METHODS FOR STRENGTHENING CUTTING ELEMENTS OF HARVESTING MACHINES

**P.A. 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

**Annotation.** The article examines the existing methods of hardening the cutting elements of harvesting machines, evaluates their advantages and disadvantages, and highlights the most promising hardening methods, the use of which can significantly increase the life of the cutting elements of harvesting machines.

**Keywords:** hardening, cutting elements, nanoscale materials, nanocomposite 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. В связи с этим, актуальной задачей является

изучение и оценка этих способов.

### **Результаты исследований и их обсуждения:**

Основными материалами, из которых изготавливают режущие элементы, являются углеродистые стали, например, У8, У9 или У10, которые подвергаются последующей закалке ТВЧ по стандартной технологии. Твердость таких элементов достигает значений 55 единиц по шкале Роквелла. Помимо высокой твердости, данные стали обладают низкой хрупкостью, что важно при наличии ударной нагрузки при резании. Однако не смотря на эти достоинства, режущие элементы имеют низкий ресурс. По данным авторов [7] ресурс режущих аппаратов редко превышает 25 га на один нож, что составляет не более 20 часов работы режущего элемента. По данным ГОСТ 158-74 полный ресурс одного режущего элемента должен быть не ниже 3,5 га на один нож. Такой низкий ресурс режущих элементов является сильным барьером в достижении высоких показателей оперативности техники к проведению уборочных работ.

Если рассматривать другие стали для изготовления режущих элементов, то в большинстве случаев их применение нецелесообразно по различным причинам, основной из которых является высокая стоимость конечного продукта [2]. Кроме того, применение специальных сталей возможно только в условиях специфики каждого отдельного поля, что исключает принцип массовости их производства, выводя стоимость таких сегментов на более высокий уровень.

Применение легированных сталей, например, Х05 и 13Х не привели к существенному повышению ресурса, при этом для применения данных материалов пришлось проводить конструкционные изменения рабочих органов уборочных машин.

На основании ранее проведенных исследований нами было установлено, что наиболее перспективными способами повышения ресурса режущих элементов являются технологические, исключающие любые изменения конструкции или материала.

Рассмотрим наиболее перспективные способы:

1. Оксидирование. Процесс позволяет повысить свойства поверхностей режущих элементов, однако он имеет серьезные недостатки в виде времени проведения операции (порядка 1 часа) и небольшого слоя в пределах 1,5 – 3 мкм, в зависимости от применяемой среды [4].

2. Фосфатирование. По своим свойствам поверхности похожи на оксидирование, однако процесс проведения обработки может достигать 3 часов. Кроме того, при данном виде обработки обязательным является применение гидроабразивной обработки получаемых поверхностей [6].

3. Химическое никелирование. На поверхностях получается ровный слой с высокими физико-механическими свойствами, за полтора часа можно получить покрытия, толщиной 18 мкм, однако процесс сопровождается выделением взвешенных паров, т.к. температура раствора достигает 95 °С. Кроме того, для получения качественных покрытий требуется проведение термообработки



поверхностей при температуре 400 °С в течение 1 часа [9].

4. Сульфидирование. Процесс сопровождается серьезными требованиями ко времени, однако за 5,5 часов глубина проникновения слоя достигает 200...300 мкм. Высокие физико-механические свойства выделяют этот способ как перспективный, однако необходимость использования дорогостоящего специализированного оборудования и высокая температура воздействия (порядка 560 °С) ограничивают применение для обработки режущих элементов [6].

5. Осаждение из газовой фазы. Процесс позволяет получать покрытия с высокой твердостью (до 3000 МПа), однако, как и при сульфидировании, требуется дорогостоящее оборудование, кроме того дорогостоящие компоненты и нанесение происходит в очень высоких температурах (до 1000 °С), что выделяет применение данного способа только для массового производства [2].

6. Термическое испарение тугоплавких соединений. Способ при небольших достоинствах обладает рядом недостатков, не предусматривающих его применение для покрытия режущих элементов, такие как низкая адгезия пленок к поверхностям, высокие требования к технологическому процессу, нарушение которого приводит к неустраняемому браку. Кроме того, требуется применение специализированного оборудования, отсутствие возможности одновременной обработки большого количества деталей и т.д. [4].

7. Катодно-ионная бомбардировка. Не смотря на высокие физико-механические свойства получаемых поверхностей, применение его обосновано только на дорогостоящем режущем инструменте, т.к. стоимость такого покрытия обусловлена необходимостью применения дорогостоящего оборудования, небольшой программой обработки и высокой сложностью технологического процесса [6].

8. Электронно-лучевое испарение. Из всех рассматриваемых способов данный является наиболее капризным и дорогим из-за необходимости применения различного дорогого оборудования и множества вспомогательных процессов, на которые тратится более половины энергии [4].

9. Хромирование. Покрытия характеризуются высокой твердостью (около 8 ГПа) и равномерностью нанесения, однако применение покрытий сопровождается низким выходом по току, высокой стоимостью покрытий, склонностью покрытий к трещинообразованию из-за наличия высоких напряжений, в связи с чем, после нанесения покрытий требуется дополнительная термическая обработка деталей при температуре 300 °С в течении 2-3 часов. Кроме того, высокие внутренние напряжения ограничивают максимальный слой наносимого покрытия до 50 мкм [1].

10. Никелирование. Получаемые покрытия обладают меньшей твердостью (до 5,5 ГПа), чем хромовые, однако более высокой коррозионной стойкостью и не склонны к растрескиванию. Толщина покрытия достигает 100 мкм. Однако при нанесении покрытий происходит наводораживание основы, что придает им хрупкость. Кроме того, процесс чувствителен к загрязнениям,

что требует наличия системы постоянной фильтрации электролита [8].

11. Железнение. Покрытия получают толщиной до 1 мм, твердостью до 1 ГПа, однако имеют очень низкую коррозионную стойкость, и необходимость проведения пассивации после нанесения. Стоимость покрытия на основе железа является самой низкой из твердых покрытий, однако технология подразумевает обязательную механическую обработку поверхности [11].

12. Цинкование. Покрытия имеют низкую твердость, примерно в 2 раза ниже конструкционных сталей, при этом хорошую коррозионную стойкость и толщину нанесения. Обычно цинковые покрытия не применяются в соединениях, работающих на трение. Кроме того, после нанесения покрытия требуется дополнительная обработка в виде осветления и хроматирования. По стоимости является самым доступным из электролитических покрытий [10].

13. Плазменное напыление порошковых материалов. Способ позволяет получать покрытия высокой твердостью, однако сам процесс является вредным для человека, требуется обязательная механическая обработка, высокое локальное температурное воздействие на деталь может привести к ее короблению. Кроме того, процесс является дорогостоящим из-за применение сложного технологического оборудования [4].

14. Детонационное напыление. Процесс по достоинствам схож с плазменным напылением порошковых материалов, однако из недостатков добавляется неравномерность нанесения, наличие пыли детонируемых частиц в воздухе.

15. Электродуговое напыление. Так же по достоинствам процесс сход с плазменным напылением порошковых материалов, из недостатков можно выделить необходимость предварительной обработки поверхности, однако даже она не всегда обеспечивает хорошую прочность сцепления покрытия с основой. Кроме того, из-за высоких температур происходит выгорание легирующих элементов, сопровождающееся окислительными процессами.

16. Лазерное напыление. Способ подразумевает получения покрытий с высокими физико-механическими свойствами, однако его широкое распространение ограничивает высокая стоимость покрытия и низкая производительность из-за малого размера зоны нанесения. Кроме того, процесс осложняется возможным загрязнением и высоким контролем процесса обработки поверхности.

17. Плазменная закалка. Процесс позволяет получить поверхность режущего элемента с высокими показателями твердости (до 10 ГПа), однако такая твердость сопровождается высокими внутренними знакопеременными напряжениями [6].

18. Лазерная закалка. Твердость поверхности не уступает твердости при плазменной закалке, однако процесс проведения операций в несколько раз сложнее, например, при данном методе требуется нанесение поглощающих покрытий. Кроме того, процесс менее производительный.

19. Электроконтактная обработка. Поверхность характеризуется высокой твердостью, однако процесс сопровождается высоким образованием

шероховатости, что подразумевает обязательную последующую механическую обработку. Кроме того, при обработке происходит локальный перегрев металла, из-за чего часто происходит коробление обрабатываемой поверхности [4].

20. Электроэрозионная обработка. Поверхность по своим физико-механическим свойствам не уступает электроконтактной обработке, однако процесс является низкопроизводительным, очень затратным по электропотреблению и подверженным трещинообразованию.

21. Упрочнение вибрацией. При данном методе поверхность получается с хорошими износными характеристиками, однако низкий ресурс деталей и быстрый выход из строя технологического оборудования из-за постоянных вибрационных воздействий ограничивают применение данного способа.

22. Дробеструйная обработка. Метод в основном применяется для деталей, работающих в знакопеременных нагрузках, к которым не относятся режущие элементы уборочных машин. Кроме того, данный способ является вредным из-за наличия в воздухе мелких частиц металлов.

23. Термомеханическая обработка. Метод в основном применяется для обработки легированных сталей, т.к. подразумевает длительное воздействие высоких температур (до 1200 °С). Кроме этого, способ подразумевает применение дорогостоящего оборудования для поддержания полного технологического процесса [6].

24. Электромеханическая обработка. Поверхность при данном методе обработки получается с высокими показателями твердости, которые снижаются по мере увеличения толщины покрытия. Для применения способа требуется дорогостоящее оборудование и инструмент. Кроме того, после применения способа требуется термическая и механическая обработка поверхностей.

25. Наплавка газовым пламенем. Способ подразумевает обработку открытым пламенем, что приводит к короблению деталей и приводит к большим тепловым потерям. Кроме того, температурное воздействие негативно влияет на человека [4].

26. Наплавка электрической дугой. Наплавляемая поверхность имеет неравномерные характеристики, в среднем превышающие обычные стали. Однако для проведения операций требуется высокая квалификация работника, поверхность склонна к трещинообразованию, возникает необходимость последующей механической обработки.

27. Упрочнение в электрическом поле. Способ является дорогостоящим и применяется для обработки важного режущего инструмента. Применение для режущих элементов уборочных машин является не целесообразным.

28. Методы пластического деформирования. Основными преимуществами способов является невысокая стоимость и возможность обработки при массовом и крупносерийном производстве, что не подходит для обработки режущих элементов уборочных машин. Кроме этого есть ряд недостатков, ограничивающих их применение, таких как высокие остаточные напряжения в обработанной поверхности, высокое температурное воздействие на детали, применение для операций энергозатратного оборудования и т.д.

Основные параметры наиболее распространенных методов обработки поверхностей для повышения ресурса деталей, представлены в таблице.

**Таблица – Классификация и технологические возможности методов повышения ресурса режущих элементов уборочных машин**

Методы упрочнения	Материал заготовки	Твердость обработанной поверхности %	Остаточные напряжения в поверхностном слое, кг/см <sup>2</sup>	Толщина упрочненного (нанесенного слоя), мм
1	2	3	4	5
Упрочнение пластическим деформированием поверхностного слоя, повышение физико-механических свойств поверхностного слоя, изменение величины и знака остаточных напряжений, улучшение геометрии шероховатости обработкой поверхности				
1	2	3	4	5
Обработка дробью	Чугун, сталь, сплавы на основе цветных металлов и титана	Увеличивается на 20...40%	Напряжение сжатия 40...80	0,4...1,0
Дробеобразивная обработка				0,2...0,6
Центробежная обработка				0,3...0,7
Накатывание роликами		Увеличивается на 20...50%	Напряжение сжатия 60...80	1,0...20,0
Вибрационное накатывание				1,0...35,0
Накатывание шариками				0,3...5,0
Поверхностное накатывание				0,5...35,0
Упрочнение чеканкой				0,05...0,50
Упрочнение резанием				0,1...0,7
Виброударная обработка				0,4...0,7
Гидровиброударная обработка				0,05...0,10
Галтовка				0,1...0,3
Гидрогалтовка				0,05...0,20
Вибрационная галтовка				0,1...0,9
Ультразвуковая упрочняющая		Увеличивается на 50...90%	Напряжение сжатия	

обработка			80...100	
Гидрополирование		Увеличивается на 20...30%	Напряжение сжатия 30...70	0,01...0,20
Алмазное сглаживание		Увеличивается на 30...60%		
Упрочнение поверхностной химико-термической (термодиффузной), изменение физико-механических свойств поверхностного слоя, изменение величины и знака остаточных напряжений				
Цементация	Малоуглеродистая сталь	HRC 60...70	Напряжение сжатия 40...100	0,2...2,0
Азотирование	Сталь, чугун	HV 650...1200		0,05...0,60
Цианирование	Сталь	HRC 60...70		0,01...2,50
1	2	3	4	5
Алитирование	Сталь, чугун	-	Напряжение сжатия 60	0,05...0,50
Хромирование		Микротвердость 1600...2000	-	0,02...0,30
Силицирование		HV 200...300	-	0,02...0,03
Сульфидирование		Прежняя	Напряжение сжатия 30...80	0,05...1,00
Упрочнение пластическим деформированием поверхностного слоя, повышение физико-механических свойств поверхностного слоя, изменение величины и знака остаточных напряжений				
Закалка с нагревом газовым пламенем	Сталь, чугун	HRC 40...70	Напряжение сжатия 30...80	0,5...10,0
Закалка с нагревом ТВЧ	Сталь			0,2...10,0
Упрочнение наплавкой				
Ручная газовая наплавка	Сталь, чугун и сплавы цветных металлов	HB 200...400	Растягивающие напряжения 10...50	0,5...20,0
Ручная электродуговая				2...20
Электродуговая биметализация	Сталь и сплавы цветных металлов	HB 250...450		1...5
Механизированная наплавка под слоем флюса	Сталь, чугун и сплавы цветных			1,5...40,0
Электрошлаковая	цветных	HB 500...650		2...40

наплавка	металлов			
Вибродуговая наплавка				0,3...3,0
Упрочнение напылением				
Газовая металлизация	Металлы и неметаллы	HV 120...420	Напряжения сжатия до 40	0,3...15,0
Электрометаллизация				1,3...15,0
Плазменная металлизация		HV 500...5000		0,3...30,0
Упрочнение нанесением покрытий электрическим способом				
1	2	3	4	5
Хромирование	Сталь, чугун и сплавы цветных металлов	HV 500...1200	Растягивающие напряжения 20...60	0,01...1,00
Твердое никелирование		HV 550...650	-	0,05...2,00
Осталивание		HV 120...600	-	0,2...5,0
Борирование	Сталь	HV 2200	Сжимающие до 100	0,1...0,3
Наращивание тонких слоев сплавов	Сталь, чугун и сплавы цветных металлов	HV 40...120	-	0,05...2,00
Эматалирование	Сталь, чугун, цветные металлы, алюминий, сплавы	Микротвердость 600...700	-	0,001...0,012
Глубокое оксидирование	Алюминий и его сплавы	Микротвердость 400...450	-	0,01...0,30
Упрочнение нанесением покрытий химическим способом				
Никелирование, хромирование, покрытия кобальтом и никель-кобальтом	Сталь, чугун, цветные металлы	Микротвердость 800-950	-	0,01...0,30
Упрочнение нанесением покрытий из неметаллических материалов				

Эмалирование	Сталь, чугун	-	-	0,05...0,30
Лакокрасочные		-	-	
Покрытия пластмассами и специальными материалами	Металлы и неметаллы	-	-	0,15...0,30

В отдельную группу способов повышения ресурса режущих элементов уборочных машин, можно отнести комбинированные методы, в которых сочетаются сочетание основного способа и модификатора, значительно снижающие негативные воздействия от применения данного способа. Одним из таких комбинированных способов являются наноконпозиционные гальванические и химические покрытия. Способ основывается на технологии нанесения стандартного электролитического или химического покрытия, однако модификатором в данном случае является применение наноразмерных порошков твердых металлов, имеющих твердость, в десятки раз превосходящие твердость обычных покрытий. Внедрение наноразмерных материалов в структуру покрытий значительно изменяет их физико-механические свойства. Применение в качестве основного способа повышения ресурса режущих элементов уборочных машин наноконпозиционных гальванических и химических покрытий является перспективным. Однако, в литературе достаточно много противоречивой информации о влиянии вида порошка, его концентрации и размеров на физико-механические свойства таких покрытий. В связи с этим, актуальными являются задачи по установлению влияния видов и концентраций наноразмерных материалов на физико-механические свойства гальванических и химических покрытий для упрочнения режущих элементов уборочных машин.

### **Заключение.**

Существующие методы упрочнения режущих элементов уборочных машин имеют существенные недостатки и их применение ограничено в современном производстве, в связи с чем, разработка нового способа повышения ресурса режущих элементов уборочных машин наноконпозиционными гальваническими и химическими покрытиями является актуальной задачей.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Выбор материала наноразмерной фазы и установление режимов нанесения наноконпозиционных гальванических покрытий на основе хрома / В. В. Сафонов [и др.] // Научная жизнь. – 2021. – Т. 16. – № 3 (115). – С. 338-349.
2. Верещака, А. С. Работоспособность режущего инструмента с износостойкими покрытиями. – М.: Машиностроение, 1993. – 336 с.
3. 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.

4. Поляк, М. С. Технология упрочнения. Технолог. Методы упрочнения. Т. 1. – М.: «Л.В.М.–Скрипт», «Машиностроение», 1995. – 832 с.

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. Стекольников, Ю. А. Физико-химические процессы в технологии машиностроения: Учеб. пособие / Ю. А. Стекольников, Н. М. Стекольников. Издательство Елецкого государственного университета имени И. А. Баутина, 2008. – 136 с.

7. Ткачев, В. Н. Износ и повышение долговечности деталей сельскохозяйственных машин / В. Н. Ткачев. – М.: «Машиностроение», 1971. – 264 с.

8. 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.

9. 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.

10. 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.

11. 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.

## REFERENCES

1. Selection of the nanoscale phase material and establishment of modes of application of nanocomposite electroplating based on chromium / V. V. Safonov [et al.] // Scientific life. – 2021. – Vol. 16. – No 3 (115). – P. 338-349.

2. Vereshchaka, A. S. Efficiency of cutting tools with wear-resistant coatings. Moscow: Mashinostroenie, 1993. – 336 p.

3. Improving the wear resistance and corrosion resistance of chromium electroplating using nanoscale materials / V. V. Safonov, S. A. Shishurin, P. A. Gorbushin, V. V. Venskaitis // Scientific Life. – 2022. – Vol. 17, No. 5 (125). – P. 761-770.

4. Polyak, M. S. Hardening technology. The technologist. Methods of hardening. Vol. 1. – М.: "L.V.M.–Script", "Mechanical engineering", 1995. – 832 p.

5. Safonov V. V., Shishurin S. A., Gorbushin P. A. The mechanism of hardening of electroplating of parts of agricultural machines with nanoscale particles // Agro-food policy of Russia. – 2023. – № 4 (107). – Pp. 38-43.



6. Stekolnikov, Yu. A. Physico-chemical processes in mechanical engineering technology: Textbook / Yu. A. Stekolnikov, N. M. Stekolnikova. Publishing House of Yelets State University named after I. A. Bautin, 2008. – 136 p.
7. Tkachev, V. N. Wear and durability enhancement of agricultural machinery parts / V. N. Tkachev, Moscow: Mashinostroenie, 1971, – 264 p.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. 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.

## АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ РЕСУРСООПРЕДЕЛЯЮЩИХ ДЕТАЛЕЙ НАСОСА Д1250-125 ДЛЯ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ СИСТЕМ

*И.В. Ковылин<sup>1</sup>, В.В. Чекмарев<sup>2</sup>, Н.Ф. Рыжко<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Федеральное государственное научное бюджетное учреждение «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации», г. Энгельс, Россия

<sup>2</sup>Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

**Аннотация:** В статье показана важность проведения восстановительных ремонтов вала центробежных насосов используемых на оросительных системах для повышения эффективности орошения и снижения эксплуатационных затрат. Исследованиями установлено, что величина износа посадочного места под подшипник вала насоса Д1250-125 поступающих на ремонт изменяется в пределах от 90 до 86 мм. Средний износ посадочного места под подшипник вала составляет 1 мм. Существующая технология восстановления посадочного места под подшипник вала в филиале «Управление «Саратовмелиоводхоз» требует совершенствования, так как при ручном способе наплавке имеет место большие трудовые и материальные затраты и могут образовываться дефекты.

**Ключевые слова:** оросительная система, насосная станция, центробежный насос, вал насоса, износ вала, ремонт.

Original article

## ANALYSIS OF DEFECTS OF RESOURCE-DETERMINING PARTS OF THE D1250-125 PUMP FOR PUMPING STATIONS OF SPRINKLING SYSTEMS

*I.V. Kovylin<sup>1</sup>, V.V. Chekmarev<sup>2</sup>, N.F. Ryzhko<sup>1</sup>*

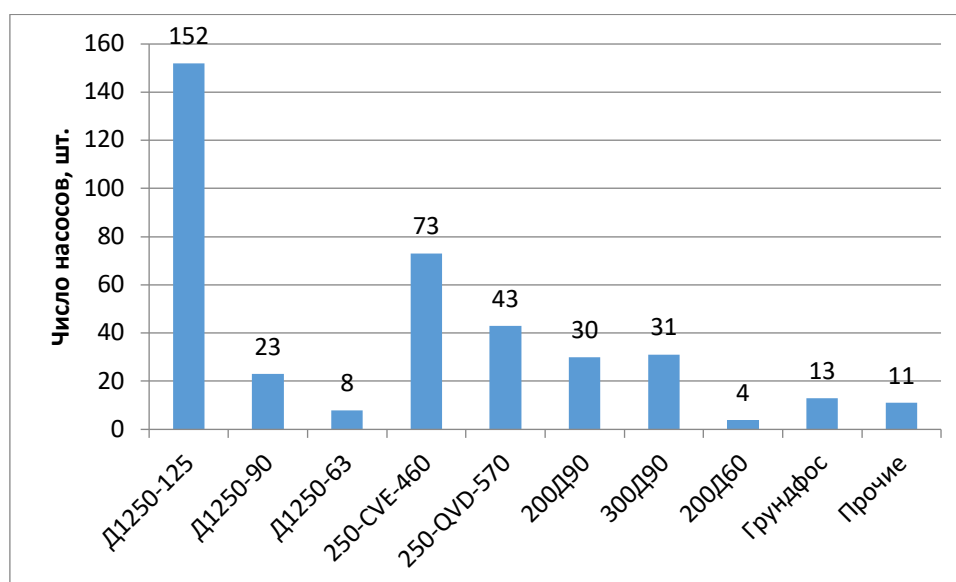
<sup>1</sup>Volga Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Engels, Russia

<sup>2</sup>Saratov State University of genetics, biotechnology and engineering  
named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

**Abstract.** The article shows the importance of performing shaft repairs on centrifugal pumps used in irrigation systems to improve irrigation efficiency and reduce operating costs. Research has shown that the amount of wear on the bearing seat of the D1250-125 pump shaft received for repair varies between 90 and 86 mm. The average wear of the shaft bearing seat is 1 mm. The existing technology for restoring the seat for the shaft bearing at the branch of the Saratovmeliiovodkhoz Administration requires improvement, since manual surfacing involves high labor and material costs and can cause defects.

**Keywords:** irrigation system, pumping station centrifugal pump, pump shaft, shaft wear, repair

**Введение.** Орошаемые земли являются одним из важнейших факторов стабильного производства в сельском хозяйстве и обеспечения продовольственной безопасности страны [1]. Саратовская область находится в зоне рискованного земледелия, где без орошения сложно получать высокие и стабильные урожаи [2]. В области уделяется большое внимание возрождению орошаемых земель. За последние годы в Саратовской области благодаря субсидиям стабильно проводятся работы по модернизации существующих и строительству новых орошаемых участков. Для подачи воды к дождевальным машинам в Саратовской области используются насосные станции с насосами различных типов, в основном высоконапорными марки Д, CVE и QVD, (рисунок 1). Доля таких насосов очень велика и достигает 69%, а на долю насоса Д1250-125 приходится самый высокий процент - 39%. [3].



**Рисунок 1. –Число насосов на подкачивающих насосных станциях ФГБУ «Управление «Саратовмелиоводхоз» в Саратовской области**

Эффективность использования орошаемых участков во многом определяется надежностью работы насосных станций с центробежными насосами. В ведение ФГБУ «Управление «Саратовмелиоводхоз» находятся оросительные системы Саратовской, Самарской, Ульяновской и Пензенской областей, а также Республики Мордовия. Контроль за работой насосных агрегатов осуществляют операторы, которые обеспечивают включение и отключение насосов, контролируют показания давления на выходе насоса, параметры напряжения в электрической сети, величину потребляемого тока и мощности, величину уровня воды в канале или водоисточнике. Также оператор следит за состоянием водозабора, наличие в нем плавающего мусора. При необходимости проводится очистка водозаборных решёт и сеток, которые

исключают попадания мусора в насос и закрытую оросительную сеть. Во время работы насоса оператор насосной станции контролируется температура подшипников насоса и электродвигателя, наличие протечек в сальниках, вибрация насоса, характер звука издаваемого насосом (при неисправностях возможен значительный шум, свист и скрежет в подшипниках) и др. В случае обнаружения неисправности оператор отключает насос и сообщает диспетчеру филиала ФГБУ «Управления «Саратовмелиоводхоз». Ремонт и регулировку неисправного насоса осуществляет специальная бригада ремонтников. После окончания поливного сезона ремонтная бригада осуществляет проверку состояния насоса, производится его разборка и дефектовка. По результатам дефектовки и с учетом общего срока службы насоса и наработки от предыдущего ремонта принимается решение о ремонте или продолжение эксплуатации еще одного поливного сезона. Неисправные роторы насоса передаются на ремонт в филиал по снабжению мелиорации, который находится в г. Энгельсе. Данное предприятие имеет необходимое станочное (токарное, фрезерное, пресловое и др.), сварочное оборудование и приспособления для разборки и ремонта насосов и электродвигателей.

При работе насоса наиболее часто изнашивается рабочее колесо насоса, вал, подшипники и др. [4, 5]. Наиболее часто наблюдается износ вала в местах посадки подшипников, в местах установки шпонок, резьбовые соединения и др. (рис. 2). При попадании в насос крупных предметов (ветка дерева, обломок доски и др.) возможна деформация вала. Таким образом, исследования и разработки технологии восстановления вала насоса 1Д1250-125 являются актуальными, так как это может существенно повысить эксплуатационные характеристики и увеличить срок службы данного оборудования.

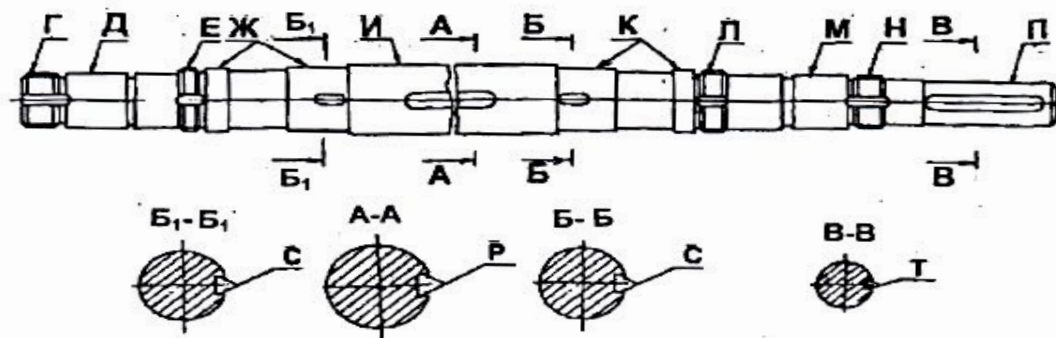
**Методика исследования.** На валу насоса наибольшему износу подвержены посадочные места под подшипники, шпоночные пазы, резьба, а также наблюдается трещины и задиры.

При дефектовке валов насоса проводится осмотр на наличие трещин с использованием лупы ЛП-1-7х.ЦЦ.УЗД. или ультразвуковой дефектоскопа. На валу насоса трещины не допускаются, вал выбраковывается [5].

Отклонение от прямолинейности оси вала проверяется измерительным контролем с использованием индикатора ИЧ 02 кл. О. Допустимое радиальное биение оси вала насоса Д1250-125 составляет 0,04 мм [3].

Износ посадочных мест вала. Места - Д, Д1, Ж, И, К, М, М1, П, П1. Измерительный контроль. Микрометры: МР 100; МР1 125-0,002.

1. Допустимый диаметр посадочного места вала под подшипник – 88 мм.
2. Допуск радиального биения поверхностей – 0,04 мм.
3. Допуск цилиндричности крутости поверхностей Д, М: 0,010 мм для диаметров от 30,0 мм до 90,0 мм; -0,015 мм для диаметров от 170 мм до 190 мм.



**Рисунок 2 – Вал насоса Д500-65, Д630-90, Д800-57, Д1250-65, Д1250-125, Д1600-90**

Смятие кромок паза шпонки, задиры на валу. Места – Р, С, С1, Т, Т1 – на рис. 2. Проверка кромок осуществляется визуальным контролем и при помощи лупы ЛП-1-7х. Измерительный контроль. Калибр пазовый.

1. Допустимая ширина паза шпонки С и С1 = 12 мм; Р и Т = 22 мм.
2. Допустимая ширина увеличенного паза (при условии установки шпонки нового типоразмера) - следующая из ряда: 8 мм, 10 мм, 14 мм, 18 мм, 25 мм, 27 мм, 32 мм, 36 мм, 42 мм.
3. Допуск симметричности паза - в пределах допуска на ширину паза.

База – плоскость симметрии, проходящая через ось паза.

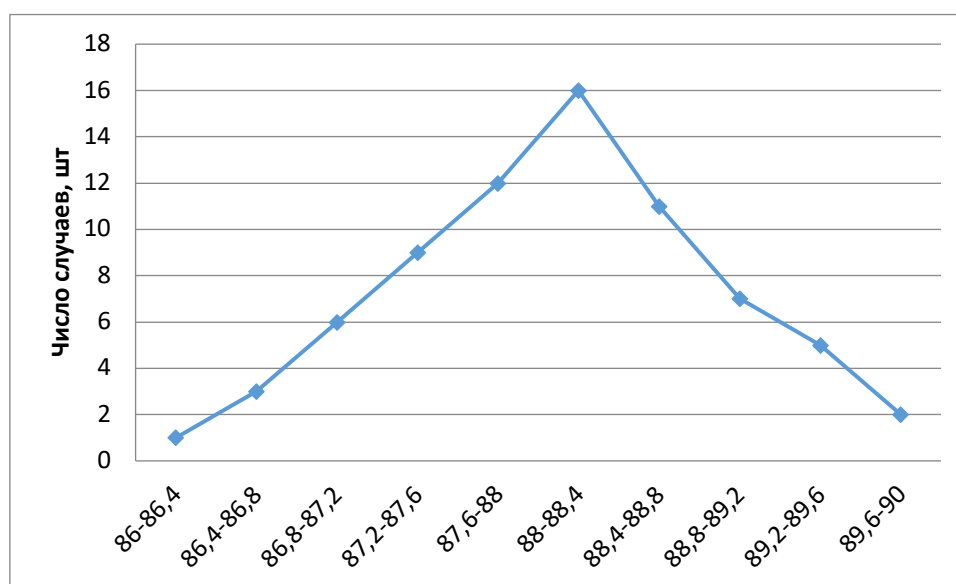
Повреждение резьбы вала. Места – Г, Г1, Е, Н, Л на рис. 2. Проверка резьбы осуществляется визуальным контролем и при помощи лупы ЛП-1-7х. Измерительный контроль. Пробка резьбовая. Допускаются отдельные забоины, выкрашивания менее  $\frac{1}{2}$  высоты профиля резьбы не более чем на двух нитках, не препятствующие навинчиванию гаек.

**Результаты исследования.** Замеры вал в местах посадки подшипника проводились микрометром в двух взаимно перпендикулярных направлениях, а потом определялась средняя величина износа. Замеры показали, что диаметр уменьшается с 90,003 до 86 мм. Величина износа может достигать 2 мм. В таблице и на рисунке 3 приведены значения числа случаев с различным диаметром вала.

**Таблица – Износ вала в местах посадки подшипника**

Диаметр вала, мм	86-86,4	86,4-86,8	86,8-87,2	87,2-87,6	87,6-88,0	88,0-88,4	88,4-88,8	88,8-89,2	89,2-89,6	89,6-90,0
Число случаев, шт.	1	3	6	9	12	16	11	7	5	2

Замеры посадочного места под подшипник на валу выявили неравномерный износ. Это связано с биением вала при его работе. Для устранения неравномерного износа перед наплавкой вала его необходимо проточить на токарном станке.



**Рисунок 3 - Величина износа вала в местах посадки подшипника**

Технология ремонта вала насоса Д1250-125 в местах посадки подшипника в ФГБУ «Управление «Саратовмелиоводхоз» включает дефектовку посадочных мест, проточку на токарном станке для устранения овальности, ручную наплавку полуавтоматом проволокой Св-08Г2С в среде углекислого газа. Наплавка производится нанесением 3-4 швов (шириной 12-16 мм) на посадочное место. Затем после остывания вала в течение 15 мин производится наплавка с обратной стороны вала при повороте на 180 градусов, чтобы избежать коробление вала. При диаметре посадочного места 90 мм число наплавки равно 22, а общее время наплавки – 330 мин или 5,5 час. Это значительное время, а также при ручном способе наварки могут образоваться дефекты. Поэтому предлагается изменить технологию наплавки на токарном станке, для этого необходимо провести расчёт числа оборотов шпинделя и параметров наплавки.

**Заключение.** Для повышения эффективности орошения и снижения эксплуатационных затрат важно проводить восстановительный ремонт вала центробежных насосов используемых на оросительных системах.

Исследованиями установлено, что величина износа посадочного места под подшипник у вала насоса Д1250-125 поступающих на ремонт изменяется в пределах от 90 до 86 мм. Средний износ посадочного места под подшипник вала составляет 1 мм. Существующая технология восстановления посадочного места под подшипник вала в филиале «Управление «Саратовмелиоводхоз» требует совершенствования, так как при ручном способе наплавке имеет место большие трудовые и материальные затраты и могут образовываться дефекты.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мелиоративный комплекс Российской Федерации: информ. издание. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 304 с.
2. Нагорый В.А. Основы водосбережения при орошении в Саратовской области. – Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2001. – 153 с.
3. Совершенствование дождевальных машин и устройств для мелиоративного комплекса– М. ФГБНУ «Росинформагротех», 2023. -124 с.
4. Карелин В.Я., Новодережкин Р.А. Насосные станции с центробежными насосами. – М.: Стройиздат, 1983. – 224 с.
5. Насосы центробежные двухстороннего входа типа Д. Групповые технические условия на капитальный ремонт. Нормы и требования. СТО 70238424.27Л00.074-2009 – М.: 2009 – 64 с.

## REFERENCES

1. The reclamation complex of the Russian Federation: inform. edition. – M.: FSBI «Rosinformagrotech», 2020. – 304 p.
2. Nagoryi V.A. Fundamentals of water conservation in irrigation in the Saratov region. – Saratov: Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, 2001. – 153 p.
3. Improving sprinkler machines and devices for the reclamation complex - M. FGBNU «Rosinformagrotekh», 2023. -124 p.
4. Karelin V.Y., Novoderezhkin R.A. Pumping stations with centrifugal pumps. – M.: Stroyizdat, 1983. – 224 p.
5. Double-entry centrifugal pumps type D. Group technical conditions for major repairs. Standards and requirements. STO 70238424.27L00.074-2009 - M 2009 -64 p.

## ЗНАЧЕНИЕ ТОПЛИВНО-СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РАБОТЕ ТЕХНИКИ

*Ю.В. Комаров, А.А. Слюняев, И.Ю. Тюрин*

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

**Аннотация.** Современное сельскохозяйственное производство является высокомеханизированной энергонасыщенной отраслью народного хозяйства. Сельское хозяйство оснащено энергонасыщенными тракторами и зерноуборочными комбайнами, а также другой техникой. Всю эту технику, снабженную двигателями внутреннего сгорания, можно привести в действие только в том случае, если она будет обеспечена необходимыми сортами топлив и смазочных материалов.

**Ключевые слова:** топливо, материалы, техника, уход, потребность

Original article

## THE IMPORTANCE OF FUEL AND LUBRICANTS IN THE OPERATION OF MACHINERY

**Abstract.** Modern agricultural production is a highly mechanized energy-saturated branch of the national economy. Agriculture is equipped with energy-intensive tractors and combine harvesters, as well as other machinery. All this equipment, equipped with internal combustion engines, can be put into operation only if it is provided with the necessary grades of fuels and lubricants.

**Keywords:** fuel, materials, machinery, care, need

**Введение:** Современное сельское хозяйство – это высокотехнологичная отрасль, немыслимая без мощной техники. Представьте себе масштабы: гигантские зерноуборочные комбайны, энергонасыщенные тракторы, способные обрабатывать огромные площади за короткий срок, а также множество другой специализированной техники – от сеялок до опрыскивателей. Вся эта сложная механизация работает благодаря двигателям внутреннего сгорания, которые, в свою очередь, неразрывно связаны с потреблением топливно-смазочных материалов (ТСМ). Без них работа сельскохозяйственной техники просто невозможна.

**Методика исследований.** Потребность в ТСМ – это не просто вопрос наличия топлива в баке. Это сложная система, требующая тщательного подбора различных масел и жидкостей для каждого узла и агрегата каждой машины. Рассмотрим, например, широко распространённый трактор К-744. Казалось бы, простой трактор, а для его бесперебойной работы требуется целый набор ТСМ.



Дизельное топливо для двигателя – это само собой разумеющееся. Но помимо этого, для смазки двигателя необходимо моторное масло определённой вязкости и класса качества, соответствующее рекомендациям производителя. Для коробки передач (КПП) потребуется трансмиссионное масло, способное выдерживать высокие нагрузки и обеспечивать плавное переключение. Подшипники ходовой части нуждаются в среднеплавких пластичных смазках, обладающих хорошей адгезией и защитой от коррозии. Гидросистема трактора, отвечающая за управление различными механизмами, также требует значительного количества гидравлического масла. Нельзя забывать и о рулевом управлении, амортизаторах, тормозной системе – все эти узлы требуют специальных масел и жидкостей. Даже для одного трактора необходим целый арсенал различных ТСМ. Умножьте это на количество единиц техники, работающей в современном сельском хозяйстве, и вы поймёте масштаб потребления.

**Результаты исследований.** Статистические данные свидетельствуют, что потребление масел в сельском хозяйстве составляет около 6% от расхода топлива. Это значительная цифра, и она зависит от множества факторов. Во-первых, конструкция самих машин. Современные машины, как правило, более сложны и имеют большее количество узлов, требующих смазки. Во-вторых, технология изготовления деталей. Более точная обработка и использование новых материалов влияют на требования к смазочным материалам. В-третьих, качество самих масел. Использование некачественных масел приводит к преждевременному износу деталей и, следовательно, к увеличению расхода. В-четвёртых, важно правильное и экономное использование ТСМ. Нерациональное использование, утечки, несоблюдение регламентов по замене – всё это приводит к дополнительным затратам. В-пятых, качество ремонта узлов и агрегатов также играет свою роль. Некачественный ремонт может привести к ускоренному износу и, как следствие, к увеличенному расходу ТСМ. Современные двигатели и механизмы сельскохозяйственной техники работают в экстремальных условиях: высокие нагрузки, вибрации, перепады температур. Использование новых материалов, таких как композиты и высокопрочные сплавы, диктует новые требования к качеству ТСМ. Механизаторы и технические специалисты должны обладать глубокими знаниями свойств ТСМ, их ассортимента, требований к качеству при эксплуатации техники. Только грамотный подход к выбору, хранению, транспортировке и применению ТСМ позволит обеспечить эффективную и экономичную работу сельскохозяйственной техники. Неправильный выбор может привести к серьёзным поломкам, простоям техники и, как следствие, к значительным финансовым потерям. Правильный выбор ТСМ – это залог бесперебойной работы всей сельскохозяйственной техники и экономии ресурсов. Статистические данные, указывающие на 6% потребления масел в сельском хозяйстве от общего расхода топлива, лишь вершина айсберга. Для более детального анализа необходимо разложить эту цифру на составляющие, учитывая специфику различных отраслей сельского хозяйства. Например,

потребление смазочных материалов в зерновом хозяйстве, где преобладают мощные комбайны и тракторы, будет значительно выше, чем в животноводстве, где используется более легкая техника. Тип почвы также играет роль: работа на тяжелых глинистых грунтах неизбежно приводит к повышенному износу техники и, следовательно, к большому расходу масла.

Рассмотрим подробнее факторы, влияющие на расход ТСМ, с учетом специфики сельскохозяйственного производства. Конструкция современных машин, как уже упоминалось, сложна, но разная по сложности в разных категориях техники. Высокотехнологичные опрыскиватели, оснащенные системами точного земледелия, потребуют более частого обслуживания и, соответственно, большего количества смазочных материалов, чем простой трактор. Технология изготовления деталей – это не только точность обработки, но и выбор материалов. Применение керамических покрытий, например, может значительно снизить трение и продлить срок службы деталей, уменьшив потребность в смазке.

Качество масел – ключевой фактор. Некачественные масла, помимо преждевременного износа, способствуют образованию шлама и отложений, ухудшая работу двигателя и увеличивая расход топлива. Использование подделок, к сожалению, распространенная проблема, приводящая к серьезным последствиям. Поэтому крайне важна проверка сертификации и приобретение ТСМ у официальных дистрибьюторов.

Экономное использование ТСМ – это не только своевременная замена, но и контроль за герметичностью системы смазки. Утечки масла – распространенное явление, обусловленное как естественным износом уплотнений, так и механическими повреждениями. Регулярные проверки, своевременный ремонт и использование качественных уплотнительных материалов – важные аспекты снижения расхода. Кроме того, правильное использование смазочных материалов предполагает учет сезонности и климатических условий. Зимой, например, необходимы масла с низкой температурой застывания.

Качество ремонта играет критическую роль. Непрофессиональный ремонт может привести к неправильной сборке узлов, нарушению геометрии деталей и, как следствие, к повышенному износу и увеличению расхода масла. Использование оригинальных запчастей и квалифицированный персонал – гарантия долговечности техники.

**Заключение.** В заключение, следует отметить необходимость внедрения систем мониторинга состояния техники. Современные технологии позволяют отслеживать параметры работы двигателя, уровень масла и другие важные показатели, что позволяет предотвратить поломки и своевременно корректировать режим эксплуатации. Обучение механизаторов современным методам работы с техникой, правильной эксплуатации и обслуживанию также является важнейшим фактором снижения расхода ТСМ. Только комплексный подход, включающий использование качественных масел, грамотное обслуживание и своевременный ремонт, позволит снизить долю расходов на

смазочные материалы в сельскохозяйственном производстве и повысить его эффективность.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малкин, В. С. Техническая эксплуатация автомобилей: Теоретические и практические аспекты [Текст]: учеб. пособие для студ. вузов, обучающихся по спец. "Автомобили и автомобильное хозяйство" направления подготовки "Эксплуатация наземного транспорта и транспортного оборудования" / В. С. Малкин. – 2-е изд., стер. – Москва: Академия, 2009. – 288 с.

2. Кузнецов Е. С. Техническая эксплуатация автомобилей– 3-е изд., перераб. и доп.-М.: Транспорт, 2003. – 413 с.

3. Васильев В.П. Техобслуживание – проблемы и решения. //Автомобильный транспорт. -2006. - № 11. -С. 54-55.

4. 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 HWFDDDS.

5. Гамаюнов, Д. В. Совершенствование операций технического сервиса при постановке техники на хранение / Д. В. Гамаюнов, И. А. Клименков // Технологии, машины и оборудование в сельском хозяйстве: Материалы студенческой научно-практической конференции, Самара, 18 декабря 2020 года. – Самара: Самарский государственный аграрный университет, 2021. – С. 117-120. – EDN VIFHYS.

6. 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.

7. 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.

8. 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.

9. Техничко-эксплуатационные показатели работы подвижного состава на перевозках горюче-смазочных материалов / Г. В. Левченко, И. Ю. Тюрин, А. В.

Таможников, Г. Д. Сескутов // Совершенствование автотранспортных систем и сервисных технологий : Сборник научных трудов по материалам XIV Международной научно-технической конференции, посвященной 95-летию юбилею доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки и техники РФ Авдонькина Фёдора Николаевича (1923-1996), Саратов, 01–03 ноября 2018 года. – Саратов: Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., 2018. – С. 347-351. – EDN BCUBYB.

10. Организация перевозок горюче-смазочных материалов / Г. В. Левченко, И. Ю. Тюрин, А. Д. Шарашов, Ф. М. Телехов // Совершенствование автотранспортных систем и сервисных технологий: Сборник научных трудов по материалам XIV Международной научно-технической конференции, посвященной 95-летию юбилею доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки и техники РФ Авдонькина Фёдора Николаевича (1923-1996), Саратов, 01–03 ноября 2018 года. – Саратов: Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., 2018. – С. 351-355. – EDN BWGEXN.

## REFERENCES

1. Malkin, V. S. Technical operation of cars: Theoretical and practical aspects [Text]: textbook. student's handbook. universities studying in the specialty. "Automobiles and the automotive industry" training areas "Operation of land transport and transport equipment" / V. S. Malkin. – 2nd ed., ster. Moscow: Akademiya Publ., 2009. 288 p.

2. Kuznetsov E. S. Technical operation of automobiles– 3rd ed., revised and add. – М.: Transport, 2003. – 413 p.

3. Vasiliev V.P. Maintenance – problems and solutions. //Automobile transport. 2006. No. 11. pp. 54-55.

4. Ways to increase the efficiency of operation of tractor diesels at low temperatures / E. A. Potapov, I. Yu. Tyurin, A. A. Martyshev [et al.] // Agrarian Scientific Journal. – 2023. – No. 2. – pp. 139-141. – DOI 10.28983/asj.y2022i2pp139-141. – EDN HWFDDDS.

5. Gamayunov, D. V. Improvement of technical service operations when storing machinery / D. V. Gamayunov, I. A. Klimenkov // Technologies, machinery and equipment in agriculture: Materials of the student scientific and practical conference, Samara, December 18, 2020. Samara: Samara State Agrarian University, 2021. pp. 117-120. EDN VIFHYC.

6. Klimenkov, I. A. Improving the equipment of the material and technical base of agricultural enterprises / I. A. Klimenkov, P. A. Yudin // Technologies, machinery and equipment in agriculture: Materials of the student scientific and practical conference, Samara, December 18, 2020. Samara: Samara State Agrarian University, 2021. pp. 121-124. EDN JPKNBF.

7. Tyurin, I. Y. Ways to increase the resource of diesel engines for agricultural purposes / I. Y. Tyurin, N. V. Khitrova, M. D. Sharashov // Science and education:

achievements and prospects: Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference, Saratov, May 29-30, 2020. – Saratov: Saratov Branch of Samara State University of Railway Transport, 2020. – pp. 28-33. – EDN ZKEZHX.

8. Analysis of the condition and equipment of the repair base / I. Y. Tyurin, D. V. Gamayunov, P. A. Yudin [et al.] // Energy-efficient and resource-saving technologies and systems: Materials of the International Scientific and Practical Conference, Saransk, November 25-26, 2020 / Editorial board: P.V. Senin [et al.], comp.E. Fedorov, responsible for the issue of V.F. Kupryashkin. Saransk: Ogarev National Research Mordovian State University, 2020, pp. 84-88. EDN XXVLLR.

9. Technical and operational performance indicators of rolling stock in the transportation of fuels and lubricants / G. V. Levchenko, I. Y. Tyurin, A.V. Customs, G. D. Seskutov // Improvement of motor transport systems and service technologies : A collection of scientific papers based on the materials of the XIV International Scientific and Technical Conference dedicated to the 95th anniversary of the Doctor of Technical Sciences Professor, Honored Worker of Science and Technology of the Russian Federation Avdonkin Fyodor Nikolaevich (1923-1996), Saratov, November 01-03, 2018. Saratov: Saratov State Technical University named after Gagarin Yu.A., 2018. pp. 347-351. - EDN BCUBYB.

10. Organization of transportation of fuels and lubricants / G. V. Levchenko, I. Yu. Tyurin, A.D. Sharashov, F. M. Telekhov // Improvement of motor transport systems and service technologies: A collection of scientific papers based on the materials of the XIV International Scientific and Technical Conference dedicated to the 95th anniversary of Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Scientist and technicians of the Russian Federation Avdonkin Fyodor Nikolaevich (1923-1996), Saratov, November 01-03, 2018. Saratov: Saratov State Technical University named after Yuri Gagarin, 2018. pp. 351-355. - EDN BWGEXN.

## ОЧИСТКА СИСТЕМЫ СМАЗКИ ДВИГАТЕЛЕЙ

*В.К. Нагдаев, А.В. Забродская, В.С. Вязинкин*

Всероссийский научно-исследовательский институт по использованию техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, г. Тамбов, Россия

**Аннотация.** Приведены экспериментальные результаты по определению изменения цвета промывочного масла от времени промывки двигателя. Представлены данные изменения характеристик промывочного масла «РОСНЕФТЬ» после проведения операции промывки. Эффективность промывки подтверждена результатами атомно-абсорбционного анализа по определению элементов износа – железа и алюминия. Промывка системы смазки двигателей является достаточно эффективной операцией, повышающей время работы масла до замены.

**Ключевые слова:** промывочное моторное масло, загрязненность, элементы износа, промывка двигателя.

Original article

## CLEANING THE ENGINE LUBRICATION SYSTEM

*V.K. Nagdaev, A.V. Zabrodsкая, V.C. Vyazinkin*

All-Russian Scientific Research Institute for the Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov, Russia

**Abstract.** Experimental results on determining the color change of flushing oil from the time of engine flushing are presented. Data on changes in the characteristics of ROSNEFT flushing oil after the flushing operation are presented. The washing efficiency is confirmed by the results of atomic absorption analysis to determine the wear elements - iron and aluminum. Flushing the engine lubrication system is a fairly effective operation that increases the operating time of the oil before replacement.

**Keywords:** flushing motor oil, contamination, wear elements, engine flushing.

### Введение.

Современные моторные масла как минеральные, так и синтетические содержат высокоэффективные моющие присадки, и последующий запуск двигателя после простоя частично гарантирует «подъем», смыв загрязнений с металлических поверхностей и попадания обратно в масло, даже с учетом того, что количество моющих присадок по мере наработки уменьшается, происходит их угар [1].

Достаточно эффективным решением удаления загрязнений из системы смазки двигателя является его промывка специальными промывочными маслами при замене отработавшего масла на свежее масло. Промывочное масло

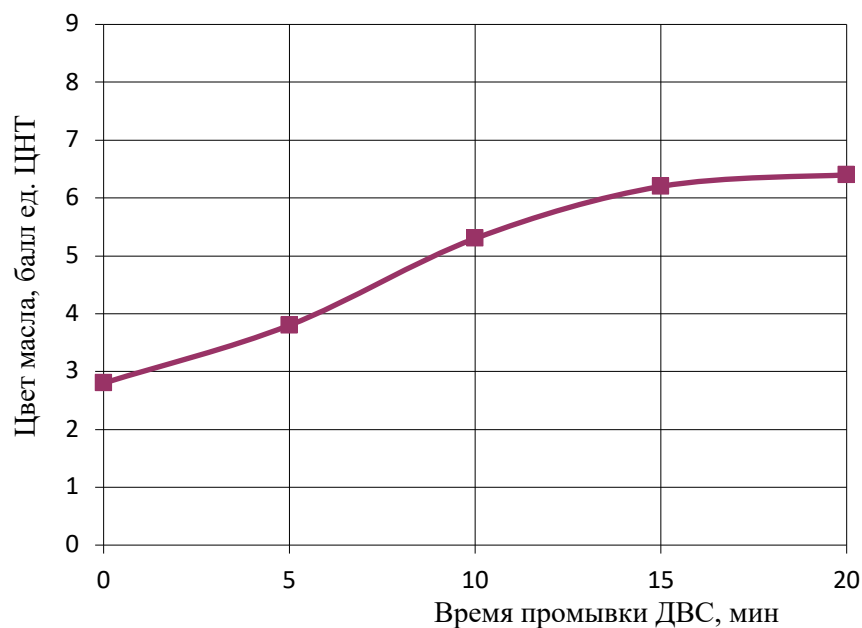
необходимо для очистки двигателя от накипи, нагара и других загрязнений. Промывочное масло защищает двигатель от износа и нейтрализует кислотность остатков старого масла [2]. Но даже данная мера не позволяет до конца решить проблему очистки основных деталей двигателя от загрязнений. Промывочное масло служит не для того, чтобы эффективно отмыть двигатель, а чтобы уменьшить концентрацию грязи и старого масла. Оно помогает расщеплять продукты неполного сгорания топлива, износа трущихся механизмов и другие твёрдые отложения в двигателе. В реальных условиях эксплуатации сельскохозяйственной техники эта мера является значимой.

#### **Методика исследований.**

Для определения состояния моторного масла использовалась цветовая шкала [3]. Щелочное число моторного масла определялось по ГОСТ 11362-96, а кислотное число по ГОСТ 5985-2022 на титраторе «ТИТРИОН – 1/1. Элементы износа железо и алюминий в промывочном масле до и после промывки определялись на атомно-абсорбционном спектрометре МГА-915М фирмы Люмэкс ООО "Атомприбор" по методике [4].

#### **Результаты исследований.**

На рисунке 1 показана зависимость изменения загрязнённости масла по самому элементарному показателю - изменению цвета промывочного масла до и после проведения операции промывки.



**Рисунок 1. Зависимость изменения цвета (загрязнённости) промывочного масла от времени промывки системы смазки двигателя Д-240**

Анализируя полученную зависимость можно утверждать, что операция промывки двигателя (в соответствии с рекомендациями изготовителей масла) позволяет достаточно эффективно удалять загрязнения с деталей двигателя и масляного картера. В продолжение анализа загрязнённое масло после

промывки сливалось из картера двигателя, и проводился лабораторный анализ изменения таких показателей как содержание загрязнений (нерастворённого осадка), кислотного и щелочного чисел масла. После слива отработки и заливки промывочного продукта двигатель работал 15 минут. В таблице 1 представлены результаты анализа изменения характеристик промывочного масла.

**Таблица 1 – Результаты изменения характеристик промывочного масла «Роснефть» после проведения операции промывки двигателя**

Характеристики	Товарное промывочное масло «Роснефть»	Масло после проведения операции промывки двигателя
Загрязненность, %	0	0,37
Вязкость кинематическая при 40 °С, мм <sup>2</sup> /с	31,7	28,4
Щелочное число, мг КОН/г	8,5	6,8

По результатам физико–химического анализа масел можно в первом приближении утверждать, что в процессе работы двигателя на холостых оборотах на масле «Роснефть» имело место предположение о достаточно высокой эффективности удаления загрязнений из системы смазки.

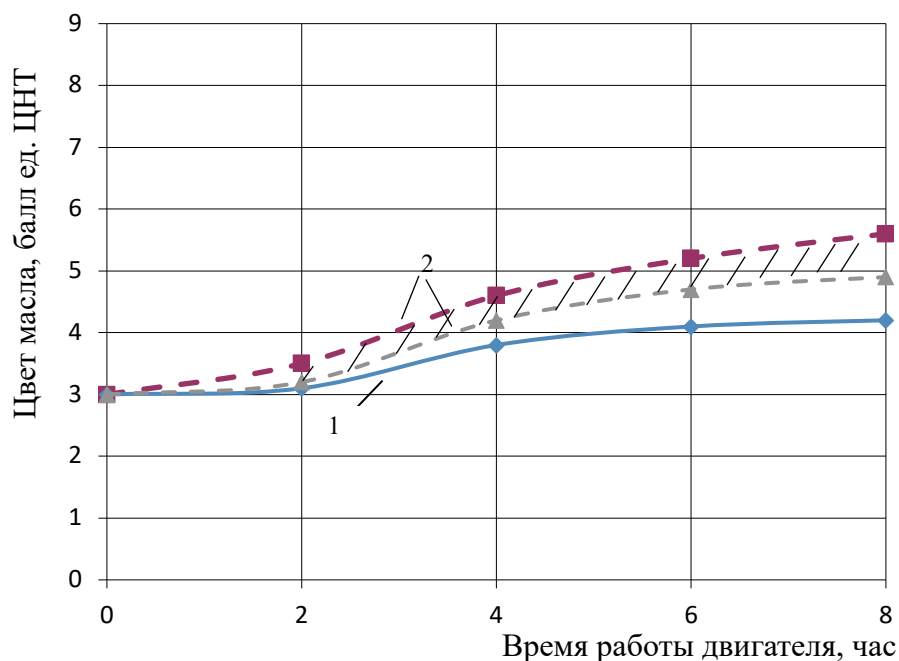
При этом показатель щелочного числа изменился незначительно. Если предположить, что щелочное число является косвенным показателем содержания присадок (в первую очередь моющих), то масло, несмотря на высокую загрязненность, остаётся работоспособным в плане его дальнейшего использования в качестве промывочной жидкости.

В плане дальнейшего рассмотрения эффективности процесса промывки системы смазки промывочное проработавшее масло сливалось, и в двигатель заправлялось моторное масло М-10Г<sub>2</sub>. Двигатель запускался и работал в течение 8 часов в режимах переменных нагрузок (в условиях сельскохозяйственного производства – транспортные работы, культивация).

Вязкость из-за остатков промывочного масла в двигателе упала, но на дальнейшую эксплуатацию техники это не влияет. Масса отложений заметно снизилась, содержание металлических примесей уменьшилось значительно.

Одним из факторов, определяющим работоспособность моторного масла, является цвет масла. На рисунке 2 показана зависимость изменения цвета масла М-10Г<sub>2</sub> от времени работы двигателя.





**Рисунок 2. Изменение цвета товарного масла М-10Г<sub>2</sub>:  
1 – после промывки системы смазки; 2 – без промывки  
системы смазки**

Для определения состава загрязнений в масле и оценке эффективности процесса удаления загрязнений проводился атомно – абсорбционный анализ проб промывочных масел. Результаты проведения анализа на элементы износа железо и алюминий приведены в таблице 2.

**Таблица 2 – Результаты атомно-абсорбционного определения железа и алюминия в пробах промывочных масел**

Элемент	Проба моторного масла	Концентрация элементов	
		мг/л	ppm
Железо	Товарное промывочное масло	26,04	28,64
	Масло после промывки двигателя	58,97	64,37
Алюминий	Товарное промывочное масло	1,09	1,19
	Масло после промывки двигателя	3,21	3,52

Содержание железа увеличилось в масле после промывки в 2 раза, а алюминия – в 3 раза, что дополнительно подтверждает эффективность промывки двигателя от элементов износа.

### **Заключение.**

На основании полученных данных можно утверждать, что промывка системы смазки является достаточно эффективной операцией, позволяющей сделать предположение, что масло в двигателе, где были удалены загрязнения, способно работать в ДВС более длительное время до замены. Полученные результаты исследований подтверждают, что в условиях сельскохозяйственного производства необходимо проводить высококачественную очистку системы смазки двигателей от загрязнений.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Исаенко В.Д., Исаенко А.В., Исаенко П.В. К вопросу об угаре масла автомобильных дизелей//Журнал передовых исследований в области естествознания. 2021. №12. С. 55 - 59.
2. Тараторкин В.М., Голубев И.Г. Система технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственных машин и механизмов. М.: Издательский центр «Академия», 2017, с. 384.
3. ASTM D1500 (2017)/ Стандартный метод определения цвета ASTM для нефтепродуктов (таблица цветов ASTM)
4. Нагдаев В.К., Остриков В.В., Кошелев А.В., Жерновников Д.Н. Атомно-абсорбционный метод контроля элементов износа моторных масел в различных условиях применения // Наука в центральной России. 2023. № 2 (62). С. 127-134.

## **REFERENCES**

1. On the issue of carbon monoxide in automobile diesel engines / V. Isaenko, A. Isaenko, P. Isaenko // Journal of Advanced Research in the field of Natural Sciences. - 2021. - No. 12. – pp. 55-59.
2. Taratorkin V., Golubev I. System of maintenance and repair of agricultural machinery and mechanisms. Moscow: Publishing Center "Academy", 2017, p. 384.
3. ASTM D1500 (2017)/ ASTM Standard Color Determination Method for Petroleum Products (ASTM Color Table)
4. Nagdaev V., Ostrikov V., Koshelev A., Zhernovnikov D. Atomic absorption method of control of wear elements of motor oils in various application conditions // Science in central Russia. - 2023. - № 2 (62). - Pp. 127-134.

## ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ АВТОМОБИЛЯ В МОМЕНТ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ПЕРЕДАЧ КПП НА ПУТЬ ЕГО РАЗГОНА

*Н.С. Наместников, Н.В. Хольшев, В.Ю. Глазков, М.А. Букина*  
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,  
г. Тамбов, Россия

**Аннотация.** Путь разгона автомобиля до заданной скорости является одним из критериев его динамичности. Существующие методики расчета данного показателя трудоемки в реализации. Для автоматизации данного расчета было разработано компьютерное приложение, с помощью которого исследовано влияние скорости в момент переключения передач на путь разгона

**Ключевые слова:** путь разгона, автомобиль, компьютерное приложение.

Original article

## INFLUENCE OF CAR SPEED AT THE MOMENT OF GEAR SHIFTING ON ITS ACCELERATION PATH

*N.S. Namestnikov, N.V. Kholshchev, V.Yu. Glazkov, M.A. Bukina*  
*Tambov State Technical University, Tambov, Russia*

**Abstract.** The acceleration path of a car to a given speed is one of the criteria of its dynamism. Existing methods for calculating this indicator are labor-intensive to implement. To automate this calculation, a computer application was developed, with the help of which the influence of speed at the moment of gear shifting on the acceleration path was studied.

**Keywords:** acceleration path, car, computer application.

### Введение.

Совершенство любого транспортного средства может быть оценено набором эксплуатационных свойств. Одним из таких свойств является путь разгона транспортного средства до заданной скорости. При выполнении тягово-динамического расчета транспортного средства определение пути разгона осуществляется чаще всего графоаналитическим методом. Данный метод предусматривает в обязательном порядке построение графика пути разгона с последующим определением площади, ограничиваемой им сверху и осью абсцисс снизу, а справа значением скорости, до которой ведется расчет. Определение данной площади является достаточно трудоемкой задачей. Снизить трудоемкость расчетов можно применением новых методов расчета с использованием цифровых технологий [1]. Для устранения указанного недостатка на кафедре «Техника и технологии автомобильного транспорта»

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» был предложен способ нахождения данной площади через координаты точек графика времени разгона. Для повышения точности и оперативности расчетов данным способом, было разработано специальное компьютерное приложение в среде программирования «Lazarus 2.0.2». Общий вид рабочего окна программы приведен на рисунке 1.

Приложение для расчета тягово-скоростных свойств автомобиля

Справочник О программе

Введите исходные данные:

Показатель	Значение	
Максимальная скорость, км/ч	152	
КПД трансмиссии	0.90	?
Коэффициент аэродинамического сопротивления	0.43	?
Плотность воздуха, кг/м³	1.22	
Коэффициент сопротивления качению	0.017	?
Габаритная высота ТС, м	1.45	
Наибольшая колесная база ТС, м	1.365	
Коэффициент заполнения площади лобового сечения ТС	0.8	?
Общее количество перевозимых человек	5	
Масса перевозимого груза, кг	50	
Масса одного пассажира, кг	70	
Собственная масса ТС, кг	1030	
Коэффициент оборотности	35	?
Удельный расход топлива, г/кВт	310	?
Параметр лямбда	1.1	?
Тип автомобиля (грузовой - 1, легковой - 2, автобус - 3)	2	
Число передач	5	
Номер прямой передачи	4	
Высота профиля покрышки, дюймы	5	
Диаметр обода колеса, дюймы	13	
Коэффициент деформации шины	0.85	?
Коэффициент нагрузки ведущих колес	0.55	?
Коэффициент сцепления ведущих колес с дорогой	0.8	?
Коэффициент коррекции для 2 передачи грузового автомобиля	0.45	?
Время на переключение передачи, с	1	?
Плотность топлива, кг/л	0.725	?
Доля от максимальной скорости для графика времени разгона	0.9	?
Передаточное число повышающей передачи	0.8	?

Тип двигателя: Бензиновый

Расчет

График мощности

График крутящего момента

График удельного расхода топлива

График часового расхода топлива

Сравнить результаты с прототипом

Подробные результаты расчета

Краткие результаты расчета

Передаточные числа

Тяговый баланс

График тягового баланса

Ускорения

График ускорений

Обратные ускорения

Время разгона

Путь разгона

Расход топлива

Выход

**Рисунок 1. Скриншот главного окна приложения после выполнения расчета**

Программа позволяет рассчитывать ряд тягово-скоростных свойств автомобиля, в том числе время и путь разгона транспортного средства до заданной скорости с построением соответствующих графиков. В качестве основы для работы приложения была использована общеизвестная методика тягово-динамического и топливно-экономического расчета, изложенная во многих учебных пособиях и предусматривающая расчет и построение внешней скоростной характеристики автомобиля, кривых тягового баланса, ускорений, динамического фактора и обратных ускорений [2, 3].

### **Методика исследований.**

Одним из этапов расчета пути разгона является выбор скорости для момента переключения передач коробки перемены передач. Для установления оптимального условия для переключения скоростей, с точки зрения минимального пути разгона решено было произвести ряд численных экспериментов с применением разработанного приложения.

Расчеты выполнялись для двух вариантов значений передаточных чисел трансмиссии автомобиля (для полученных в результате расчета и по значениям автомобиля-прототипа) и 4 вариантов условий переключения передач КПП,

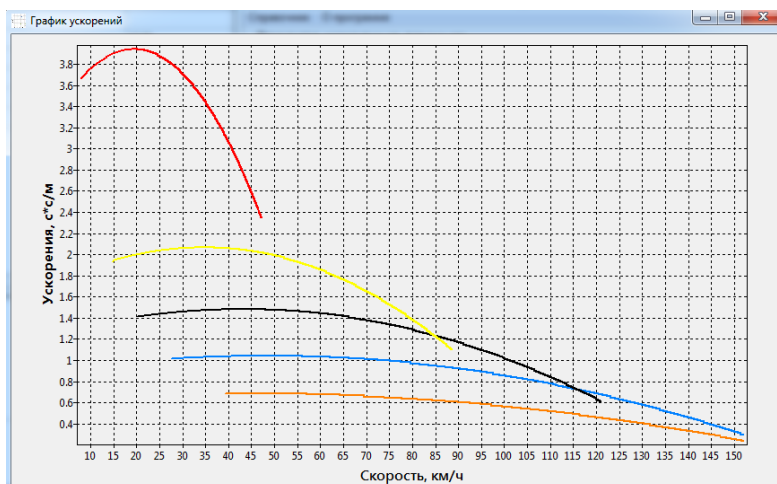
условия выбирались с учетом рекомендаций автопроизводителей, теории автомобиля и методик тягового расчета. Вариант 1: приняты постоянные значения скоростей при переключении передач, начиная с 20 км/ч и далее с шагом 20. Вариант 2: переключения производятся в точках пересечения кривых обратных ускорений. Вариант 3: переключения производятся при максимальных значениях ускорений на конкретной передаче. Вариант 4: скорость переключения передачи находится как среднее значение скорости, которую может развить автомобиль на конкретной передаче.

Исходные данные были взяты по данным автомобиля ВАЗ-2107 [4]. Выбор данного автомобиля был обоснован доступностью всех его технических характеристик. Значения параметров приведены на рисунке 1. Передаточные числа КПП автомобиля-прототипа: I передача - 3,242, II - 1,989, III - 1,289, IV - 1, V - 0,776, передаточное число главной передачи - 4,1.

### Результаты исследований.

В результате расчета были получены следующие значения передаточных чисел КПП: первая передача - 3,51, вторая - 1,87, третья - 1,37, четвертая - 1, пятая - 0,7, передаточное число главной передачи - 3,28.

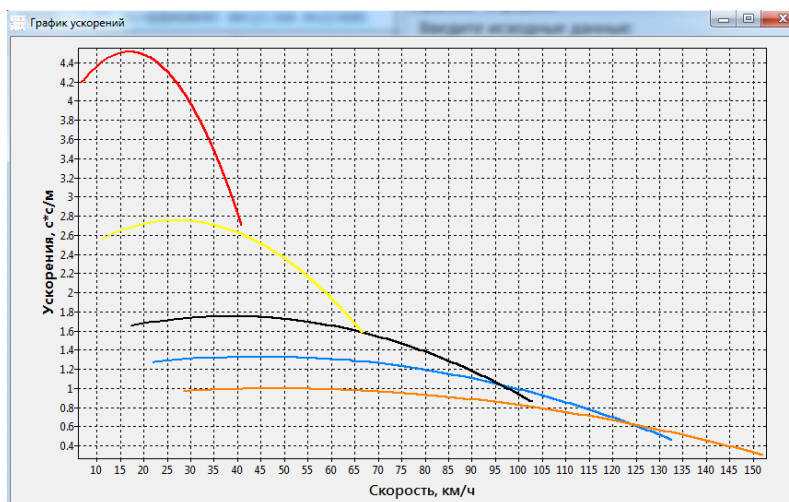
Сопоставление расчетных значений передаточных чисел с значениями передаточных чисел трансмиссии автомобиля-прототипа указывает на их существенное различие: особенно для главной передачи, причем для некоторых передач расчетные передаточные числа превышают значения передаточных чисел автомобиля-прототипа, а для других наблюдается обратная ситуация. Для оценки влияния данного отличия дополнительно были получены и проанализированы графики ускорений для расчетных передаточных чисел (рисунок 2) и их значений, взятых по автомобилю-аналогу (рисунок 3).



**Рисунок 2. Ускорения транспортного средства при расчетных значениях передаточных чисел трансмиссии**

Из рисунка 2 видно, что кривая ускорений пятой передачи практически дублирует кривую четвертой передачи, точки пересечения графиков нет, передача является излишней. Это говорит о необходимости корректировки расчетных значений передаточных чисел, как минимум на пятой передаче и

передаточного числа главной передачи. Иное расположение кривых при реальных значениях передаточных чисел (рисунок 3). При корректировке значений передаточных чисел следует стремиться к такому виду графика, как на рисунке 3.



**Рисунок 3. Ускорения транспортного средства при значения передаточных чисел трансмиссии, взятых по характеристикам автомобиля-прототипа**

Результаты численного эксперимента представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – Результаты определения пути разгона**

Скорость в момент переключения передач расчетные/ реальные значения передаточных чисел	Расчетные значения передаточных чисел КПП		Значения передаточных чисел КПП по автомобилю-прототипу	
	Путь разгона до максимальной скорости, м	Путь разгона до 100 км/ч, м	Путь разгона до максимальной скорости, м	Путь разгона до 100 км/ч, м
Вариант 1. 20-40-60-80	541,63	320	460,73	275
Вариант 2. 47-85-115-135/ 40-66-95-124	610,75	275	504,89	255
Вариант 3. 35-45-50-55/ 25-37-45-50	526,97	340	440,95	280
Вариант 4. 57-70-90-95/ 36-60-75-90	591,91	325	479,23	275

Из таблицы 1 видно, что минимальный путь разгона до 100 км/ч для обоих вариантов передаточных чисел получен при переключениях в точках

пересечения графиков обратных ускорений, но путь достижения максимальной скорости в этом варианте максимальный в 1,15 раза больше минимального значения, полученного в 3 варианте. Минимальный путь разгона до максимальной скорости получен при 3 варианте переключения передач - при максимальных ускорениях. Использование передаточных чисел автомобиля-прототипа позволяет сократить путь разгона до максимальной скорости примерно 1,2 раза, а до 100 км/ч - в 1,15 раза.

### **Заключение.**

Можно отметить, что методика расчета передаточных чисел трансмиссии автомобиля не совершенна и требует корректировки полученных значений, разработанное приложение работоспособно и позволяет оперативно производить расчет пути разгона до заданной скорости и строить соответствующий график. Оптимальным, с точки зрения получения минимального пути разгона до 100 км/ч, для обоих вариантов значений передаточных чисел будет переключения передач КПП на скоростях соответствующих точкам пересечений кривых обратных ускорений, что соответствует общепринятым рекомендациям. Для получения минимального пути разгона до максимальной скорости необходимо осуществлять переключения передач на скоростях соответствующих максимальным ускорениям. Полученные расчетные значения требуют уточнения дополнительными теоретическими и экспериментальными исследованиями.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Глазков Ю.Е., Андреева Т.И. Интенсификация работы автотранспортных предприятий на основе использования информационных технологий// Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: сб. науч. тр. по матер. междунар. заоч. науч.-практ. конф. – Воронеж: ФГБОУ ВПО «ВГЛТА», 2014. № 3 ч. 1 (8–1)– С. 260–267.
2. Расчет эксплуатационных свойств автомобиля: учебное пособие / Д. В. Козлов. – Санкт-Петербург: ПГУПС, 2019. – 22 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/153599>.
3. Техника транспорта: тягово-динамический и топливно-экономический расчет: Учебное пособие / Н. В. Хольшев, А. В. Милованов, Ю. Е. Глазков [и др.]. – Тамбов: Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2023. – 98 с.
4. Технические характеристики автомобиля Лада Ваз-2107 [Электронный ресурс]: <http://car-exotic.com/vaz-cars/vaz-lada-2107-characteristics.html> (дата обращения 13.01.2025).

## **REFERENCES**

1. Glazkov Yu.E., Andreeva T.I. Intensification of work of automobile enterprises based on the use of information technologies // Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice: collection of scientific

works on materials of the international correspondence scientific-practical conf. – Voronezh: FGBOU HPE “VGLTA”, 2014. No. 3 part 1 (8–1) – P. 260–267.

2. Calculation of vehicle performance properties: a tutorial / D. V. Kozlov. - St. Petersburg: PGUPS, 2019. - 22 p. - Text: electronic // Lan: electronic library system. - URL: <https://e.lanbook.com/book/153599> (accessed: 03/14/2025).

3. Transport technology: traction-dynamic and fuel-economic calculation: Textbook / N. V. Kholoshev, A. V. Milovanov, Yu. E. Glazkov [et al.]. - Tambov: Publishing center of «TSTU», 2023. – 98 p.

4. Technical characteristics of the Lada VAZ-2107 car [Electronic resource]: <http://car-exotic.com/vaz-cars/vaz-lada-2107-characteristics.html> (date of access 01/13/2025).



## НЕМЕХАНИЧЕСКИЙ СМЕСИТЕЛЬ ДЛЯ ЗАЩИТНЫХ СОСТАВОВ

*А.И. Петрашев, В.В. Клепиков*

Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, г. Тамбов, Россия

**Аннотация.** Получение защитных составов непосредственно в агрохозяйстве с использованием отработанного масла позволит решить проблему снабжения недорогим консервационным материалом. Это имеет значение в вопросе сохранности сельскохозяйственной техники, влияющим на ее надежность и эффективность эксплуатации. Разработан простой по конструкции и эффективный в применении гидромониторный смеситель компонентов защитных составов. Проведены его производственные испытания.

**Ключевые слова:** защитный состав, гидромониторный смеситель, консервация техники.

Original article

## THE NON-MECHANICAL MIXER FOR PROTECTIVE COMPOSITIONS

*A.I. Petrashev, V.V. Klepikov*

All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov, Russia

**Abstract.** Obtaining protective compounds directly in the agricultural enterprise using waste oil will solve the problem of supplying inexpensive preservative material. This is important in the matter of preserving agricultural machinery, affecting its reliability and operating efficiency. A simple in design and effective in use hydromonitor mixer of components of protective compounds has developed. Its production tests have carried out.

**Keywords:** protective compound, hydromonitor mixer, conservation of machinery.

**Введение.** В течение года многие сельскохозяйственные машины эксплуатируются не более 2 месяцев, а затем длительно бездействуют под открытым небом. Для предотвращения коррозии и сохранения прочности рабочих органов, цепных передач и открытых сопрягаемых узлов, их требуется защищать консервационными покрытиями. В агрохозяйствах, в целях экономии, для защиты техники используют отработанное моторное масло, пленка которого практически исчезает к началу весны [1]. Повысить защитные свойства отработанного масла возможно путем его загущения парафинсодержащей присадкой. Для этого отработанное масло, присадку и растворитель следует нагреть до 80-90 °С и интенсивно смешать до получения однородного состава.

Смесители для малообъемного приготовления консервационных составов в агрохозяйствах снабжены мешалками: листовыми и лопастными с ручным приводом, а также турбинными и рамными с электромеханическим приводом. Мешалки с ручным приводом малоэффективны при смешении компонентов различной плотности. Применение электромеханического привода усложняет конструкцию смесителя, повышает его металлоемкость и стоимость изготовления [2]. Все смесители для приготовления консервационных составов оснащаются нагревателями для плавления и разжижения смешиваемых компонентов. Длительность  $t$  (с) процесса смешения компонентов, в основном, зависит от их объема  $V$  (м<sup>3</sup>), динамической вязкости  $\nu$  (Па·с) и затрат мощности  $N_m$  (Вт) на привод мешалки:

$$t \sim \left( \frac{V \cdot \nu}{N_m} \right)^{0,5}.$$

Благодаря нагреву и снижению вязкости смеси компонентов, а также повышению интенсивности их перемешивания и, соответственно, увеличению затрат мощности на привод мешалки, достигается снижение длительности процесса смешения.

В технологиях нефтедобычи для приготовления буровых растворов применяют резервуары с гидромониторными смесителями, отличающимися от электромеханических мешалок компактностью исполнения и простотой в эксплуатации. Компоненты раствора перемешиваются в резервуаре смесителя струями этого же раствора, циркулирующего под давлением насоса через сопловые головки гидромониторов. Гидромониторные смесители создают высокую генерацию турбулентной энергии, интенсифицирующей процесс растворения и смешения компонентов. Кинетическая энергия струй раствора способствует быстрому разрушению частиц твердой фазы, компоненты состава можно загружать в резервуар без остановки процесса смешения.

Цель исследования – разработка гидромониторного смесителя для приготовления защитного состава в агрохозяйстве при постановке техники на хранение.

**Методика исследований.** Исследовали процесс гидромониторного смешивания компонентов защитного состава на экспериментальном смесителе, состоящем из резервуара с поддонным нагревателем и терморегулятором, шестеренного насоса с электроприводом, и гидромонитора с двумя сопловыми насадками. Производительность насоса определяли, как отношение массы раствора, слитого в мерную емкость, к времени слива. Давление насоса измеряли по манометру. Температуру нагрева раствора – по табло терморегулятора. Потребляемую мощность и затраты электроэнергии – с помощью прибора К-50 и хронометража за работой электропотребителей.

Диаметр выпускного отверстия в сопловой насадке определяли из условия полной реализации номинальной мощности  $N$  электродвигателя, приводящего насос, в кинетическую энергию струи из насадки [3]. Для этого условия номинальный диаметр выпускного отверстия насадки рассчитывали по

формуле:

$$d = \frac{Q_n^{0,75} \cdot \rho^{0,25}}{0,77 \cdot N^{0,25} \cdot z^{0,5}}, \quad (1)$$

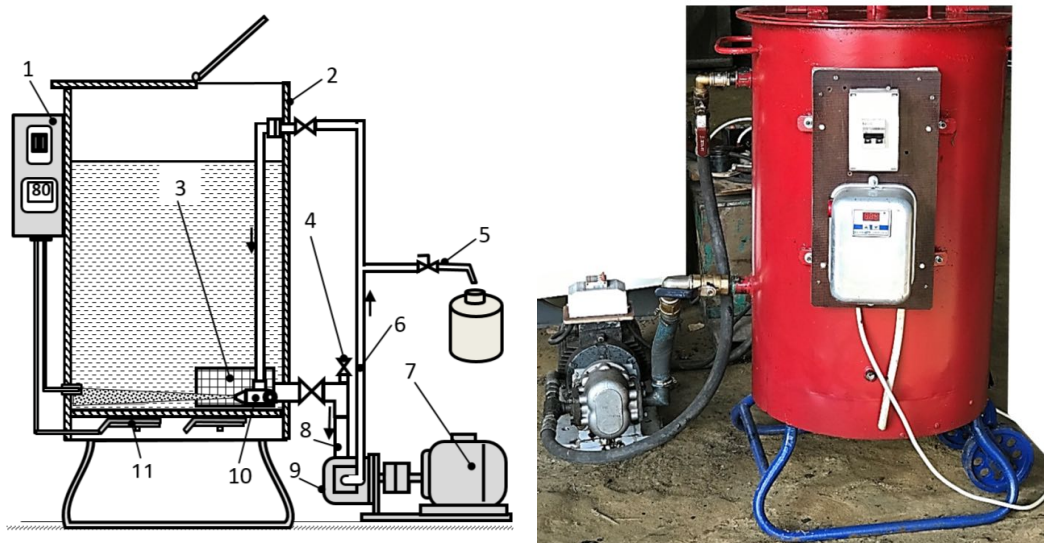
где  $d$  – номинальный диаметр выпускного отверстия, м;  $Q_n$  – номинальная производительность насоса, м<sup>3</sup>/с;  $\rho$  – плотность раствора, кг/м<sup>3</sup>;  $N$  – номинальная мощность электродвигателя, Вт;  $z$  – количество насадок на гидромониторе.

При использовании гидромонитора с насадками номинального диаметра кинетическая энергия  $N_k$  струи раствора в единицу времени достигает максимальной величины:

$$N_k = \frac{N}{z} \mu^2 (1 - k) \cdot \eta,$$

где  $N_k$  – кинетическая энергия струи раствора в единицу времени, Дж/с;  $\mu$  – коэффициент расхода для насадки;  $k$  – коэффициент потерь давления при движении раствора от насоса к гидромонитору;  $\eta$  – полный КПД насоса.

**Результаты исследований.** На рисунке 1 показаны схема и внешний вид немеханического гидромониторного смесителя ГС80-2 для приготовления защитного состава.



**Рисунок 1 – Схема и внешний вид гидромониторного смесителя ГС-80-2:**

1 – пульт управления с терморегулятором «26900Мегеон»; 2 – цилиндрический резервуар; 3 – фильтр; 4 – атмосферный кран; 5 – раздаточный кран; 6 – напорная линия; 7 – электродвигатель; 8 – всасывающая линия; 9 – шестеренный насос; 10 – гидромонитор; 11 – поддонный нагреватель

Фильтр 3 через всасывающую линию 8 сообщен с шестеренным насосом 9 типа НШ-32, который через напорную линию 6 сообщен с гидромонитором 10. Привод насоса 9 осуществляется от электродвигателя 7 мощностью 2,2 кВт, 2800 об/мин. По формуле (1) рассчитан номинальный диаметр выпускного отверстия –  $d = 3,5$  мм, который учтен при изготовлении насадок с полостями ступенчатой конфигурации. Гидромонитор 10 установлен на дне 11 вблизи

стенки резервуара 2, на нем закреплены центральная и тангенциальная насадки, при этом ось центральной насадки направлена в центр резервуара, а ось тангенциальной насадки – по касательной к его цилиндрической стенке. Поддонный нагреватель выполнен из 3-х ТЭН-конфорок суммарной мощностью 3 кВт, прикрепленных к дну резервуара снизу. Управление работой поддонного нагревателя осуществляется в автоматическом режиме посредством терморегулятора «26900Мегеон» через контактор. Управление работой электродвигателя привода насоса – вручную посредством автоматического выключателя.

Для приготовления защитного состава в резервуар 2 заливают дозированное количество отработанного масла (минерального или синтетического) и закладывают куски загущающей присадки, например, кубовых аминов, содержащих аминный ингибитор коррозии и парафин в качестве загустителя. С пульта управления 1 включают поддонный нагреватель 11, на терморегуляторе устанавливают верхнюю (85 °С) и нижнюю (80 °С) температуры нагрева компонентов. От поддонного нагревателя через дно нагревается отработанное масло, в нем плавятся куски кубовых аминов.

При нагреве компонентов до 85 °С включают привод шестеренного насоса и перекачивают нагретый раствор из резервуара в резервуар через гидромонитор. Струи нагретого раствора, исходящие из центральной и тангенциальной насадок гидромонитора создают соответствующие потоки. В результате взаимодействия центрального потока и набегающего на него тангенциального потока происходит подъем компонентов от дна к поверхности раствора. При этом во вращающейся массе растворе создаются локальные завихрения, где генерируется турбулентная энергия, и компоненты состава интенсивно смешиваются между собой.

После 15-30 мин работы насоса в резервуар добавляют дизельное топливо для улучшения технологичности нанесения защитного состава и битумный праймер для повышения укрывистости наносимого покрытия. Компоненты перемешивают еще 15-30 мин и получают готовый защитный состав для консервации сельхозмашин на 10 мес.

Гидромониторный смеситель ГС80-2 прошел производственные испытания на участке ВНИИТиН. Он используется для приготовления защитных составов по заявкам агрохозяйств из поставляемых ими компонентов. Его технические данные приведены в таблице 1.

**Таблица 1 – Техническая характеристика гидромониторного смесителя**

Наименование показателя	Значение показателя
Вместимость резервуара	до 100 л
Рабочий объем резервуара	от 30 до 80 л
Электропитание/мощность нагревателя	220 В / 3,0 кВт
Температура нагрева компонентов	80-90 °С

Длительность нагрева рабочего объема	от 0,8 до 2,0 ч
Мощность электродвигателя для привода насоса	2,2 кВт
Время смешения компонентов	0,5-1,0 ч
Удельная энергоемкость процесса приготовления	0,1-0,12 кВт·ч/л
Производительность приготовления состава	30-40 л/ч
Габариты смесителя	60 x 65 x 100 см
Масса смесителя	42 кг
Масса насоса с электроприводом	38 кг

**Заключение.** Разработан гидромониторный смеситель, обеспечивающий мягкий нагрев и эффективное смешение нагретых компонентов при приготовлении защитных составов в условиях агрохозяйства. В резервуаре смесителя посредством гидромонитора с двумя насадками происходит преобразование энергии привода насоса в кинетическую энергию потоков раствора и активное перемешивание компонентов. Представлена формула для расчета номинального диаметра выпускного отверстия насадки гидромонитора, при котором достигается полная реализация номинальной мощности электропривода насоса. Новизна технического исполнения гидромониторного смесителя подтверждена патентом, технология его изготовления доступна любому агрохозяйству, недорогие комплектующие имеются на рынке. В качестве насоса допустимо применение изношенного шестеренного насоса, снятого с трактора или сельхозмашины. С помощью смесителя приготовлено около 500 л защитного состава, который использован агрохозяйствами Тамбовской обл. для консервации техники на период зимнего хранения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. К вопросу эффективности хранения сельскохозяйственной техники / Л.Г. Князева, А.И. Петрашев, В.Д. Прохоренков, В.В. Клепиков // Наука в центральной России. 2017. № 6 (30). С. 37-49.
2. Петрашев А.И., Клепиков В.В. Реактор-смеситель для производства консервационных составов в условиях АПК // Наука в центральной России. 2021. № 3 (51). С. 96-107.
3. Петрашев А.И., Клепиков В.В. Гидромониторный смеситель для консервационных составов // Технический сервис машин. 2025. Т. 63. № 1. С. 12-19.
4. Патент на изобретение RU 2827012 МПК В01F 25/21. Гидромониторный смеситель для антикоррозионного битумного праймера / А.И. Петрашев, В.В. Клепиков / Заявка № 2024110801 от 18.04.2024. Оpubл. 19.09 2024. Бюл. № 26.

## REFERENCES

1. On the issue of storage efficiency of agricultural machinery / L.G. Knyazeva, A.I. Petrashev, V.D. Prokhorenkov, V.V. Klepikov // Science in central

Russia. 2017. N. 6 (30). P. 37-49.

2. Petrashev A.I., Klepikov V.V. Reactor-mixer for the production of preservation compounds in the agro-industrial complex // Science in central Russia. 2021. N. 3 (51). P. 96-107.

3. Petrashev A.I., Klepikov V.V. Hydromonitor mixer for preservation compounds // Technical service of machines. 2025. Vol. 63. N. 1. P. 12-19.

4. Patent for invention RU 2827012 IPC B01F 25/21. Hydromonitor mixer for anti-corrosion bitumen primer / A.I. Petrashev, V.V. Klepikov / Application No. 2024110801 dated 18.04.2024. Published 19.09 2024. Bulletin N. 26.

## ВЛИЯНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ НА ТОКСИЧНОСТЬ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЕЙ

*В.А. Стрельников*

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

**Аннотация.** В статье рассмотрено влияние различных эксплуатационных факторов на токсичность отработавших газов (ОГ) дизелей. Рассмотрены возможные пути уменьшения вредных выбросов дизелей при эксплуатации сельскохозяйственной техники.

**Ключевые слова:** отработавшие газы дизелей, эксплуатационные факторы, пути снижения выбросов токсичных веществ при эксплуатации дизельных двигателей.

## INFLUENCE OF THE OPERATION FACTORS ON THE QUANTITY OF TOXIC COMPONENTS IN THE DIESEL EXHAUST GASES

*V.A.Strelnikov*

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

**Abstract.** The article considers the influence of the different operation factors on the degree environmental pollution because of diesel exhaust gases(EG). The ways of decreasing the quantity toxic components in the diesel exhaust gases during operation of the agriculture machines are shown.

**Keywords:** diesel exhaust gases, operation factors, ways of decreasing environmental pollution during diesel engines operation.

Исследования, проведенные ГОСНИТИ, НАТИ и НИИАТ, показывают, что уровень токсичности и дымности ОГ тракторных и автомобильных дизелей зависит от состояния и регулировок двигателя и топливной аппаратуры, величины противодавления на выпуске и разряжения на впуске, качества дизельного топлива, состояния системы охлаждения.

Проверка технического состояния агрегатов топливной системы дизелей, имеющих повышенную дымность ОГ, показала следующие основные виды неисправностей [1]:

- значительное отклонение установочных углов опережения начала впрыска топлива от регламентированных инструкцией по эксплуатации;
- снижение давления начала впрыскивания форсунок;
- закоксовывание распылителей форсунок;

- отклонение значений регулировочных параметров ТНВД от заданных значений;
- превышение цикловых подач и неравномерности подач топлива на основных режимах;
- отклонение углов начала нагнетания топлива по линиям высокого давления.

На количество вредных веществ в ОГ дизеля существенное влияние оказывает угол опережения начала впрыска топлива  $\theta$  [2,3]. Известно, что уменьшение угла впрыска топлива приводит к уменьшению образования оксидов азота. При этом, однако, возрастают выбросы сажи и ухудшаются экономические и мощностные показатели двигателей. Испытания дизеля Д-240 показали, что уменьшение  $\theta$  до 9 градусов поворота коленчатого вала (п.к.в.) снижает содержание оксидов азота примерно в 2 раза по сравнению с принятым по инструкции установочным углом опережения впрыска топлива ( $\theta=26$  град. п.к.в.). При изменении  $\theta$  на 1 град. п.к.в. относительные изменения  $\text{NO}_x$  и дымности составляют 3...7 % [3].

Изменение содержания вредных компонентов ОГ дизелей в зависимости от отклонения основных регулировочных параметров дано в таблице 1 [1].

Практически любая неисправность дизеля влияет на дымность ОГ. Так, из-за износа деталей цилиндропоршневой группы дымность может увеличиться в два раза [1].

Негативное влияние на дымность оказывают и такие факторы, как уменьшение давления подъема иглы форсунки и закоксовывание ее сопловых отверстий. Исследования показали, что установка форсунок с гидрополированными соплами распылителей уменьшает выбросы СО почти в 6 раз, сажи – в 1,2 раза.

Токсичность ОГ дизелей во многом зависит от качества дизельного топлива. Показано [1, 4, 5], что при уменьшении содержания серы в топливе с 0,31 до 0,03 % содержание  $\text{NO}_x$  в ОГ снижается на 0,2-1,8 %,  $\text{CH}_x$  – на 24,4%, сажи – на 13,2-22,6 %.

Увеличение цетанового числа топлива с 45 до 51 [5] приводит к уменьшению периода воспламенения, жесткости работы двигателя и максимального давления сгорания. Как следствие, снижается дымность при пуске и средних нагрузках.

На повышенных нагрузках цетановое число практически не оказывает влияния на дымность, хотя на этом режиме происходит интенсивный выброс сажи. Установлено, что у разных двигателей влияние цетанового числа на дымность различно: так, у двигателей с высокой турбулентностью заряда оно меньше.

При изнашивании цилиндропоршневой группы двигателя в процессе эксплуатации увеличиваются выбросы продуктов неполного сгорания с ОГ, а также возрастает доля картерных газов в общем выбросе вредных веществ.



Поддержание мобильной техники в технически исправном состоянии – основное, но далеко не единственное условие минимальной токсичности автомобилей и тракторов в эксплуатации.

**Таблица 1 – Изменение выбросов вредных веществ дизеля при отклонении регулировочных параметров от номинальных**

Регулировочный параметр	Предел допускаемых отклонений	Направление и величина изменения показателей, % от среднего значения			Наддув
		Дымность	Выброс NO <sub>x</sub>	Выброс CO	
Степень сжатия	$\pm 1$ $\pm 0,5$	$\pm 3$ $\pm 1$	$\pm 8$ $\pm 4$	$\pm 2$ $\pm 1$	Б/н ГТН
Давление наддувочного воздуха, %	$\pm 10$ -	-10 +20	+3 -5	-5 +10	ГТН -
Сопротивление на впуске воздуха, кПа	3	+10	0	+5	Б/н
Противодавление на выпуске газов, кПа	3	+3	-2	+2	Б/н
Температура, °C наддувочного воздуха	$\pm 10$	$\pm 10$	$\pm 5$	$\pm 5$	ГТН
Температура, °C охлаждения двигателя	$\pm 10$	$\pm 10$	$\pm 8$	$\pm 5$	-
Угол опережения впрыскивания топлива, град	$\pm 2$	$\pm 10$	$\pm 12$	$\pm 5$	-

Выбросы вредных веществ и расход топлива автомобильным парком в значительной степени зависят от соблюдения правил использования автомобилей, включающих в себя применение качественных топлив, масел и других эксплуатационных материалов, прогрессивных методов хранения подвижного состава в сменный период, рациональных методов и приемов вождения мобильной техники, а также от ряда других факторов, зависящих непосредственно от водителей, механизаторов и обслуживающего персонала, эксплуатирующего технику предприятия.

Влияние всех этих факторов на снижение токсичных выбросов мобильной техники при эксплуатации рассмотрены автором данной статьи в монографии [5].

Таким образом, исходя из выше изложенного, можно сделать вывод о том, что большинство факторов, отрицательно влияющих на экологические показатели дизелей в условиях эксплуатации, можно устранить своевременным проведением технического обслуживания и текущих ремонтов двигателей мобильной сельскохозяйственной техники.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стрельников В.А. Повышение экологической безопасности автотракторных дизелей путем разработки и совершенствования методов и технических средств очистки отработавших газов: дисс...докт. техн. наук. Саратов, 2004. – 381с.
2. Цыпцын В.И., Стрельников В.А., Сухиташвили М.Д., Гришин А.П. Нейтрализатор отработавших газов дизеля // Патент РФ на изобретение RU 2174184 С2, Заявка № 99126472/06 от 15.12.1999. Опубл. 27.09.2001. Бюл. №27.
3. Цыпцын В.И., Стрельников В.А., Истомин С.В. Снижение токсичных выбросов автотракторных ДВС // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2003. - №4, С. 22-23.
4. Стрельников В.А. Электротермическая регенерация сажевых фильтров автотракторных дизелей // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. - 2007. - № 2. – С.54 – 55.
5. Стрельников В.А., Цыпцын В.И. Моделирование процессов и разработка технических средств и способов, повышающих экологическую безопасность автотракторных дизелей / ФГБОУ ВПО << Саратовский ГАУ>>. Саратов. – 2003. – 180 с.

## REFERENCES

1. Strelnikov V. A. Increase of ecological safety of autotractor diesel engines by development and perfection of methods and technical means of exhaust gas purification: diss ... doct. tech. sciences. Saratov, 2004. – P. 381.
2. Tsyptsyn VI, Strelnikov V. A., Sukhitashvili M. D., Grishin A. P. Neutralizer of exhaust gases of a diesel engine. The patent of the Russian Federation for invention No. 2174184. 27.09.01. Bul. No. 27.
3. Tsyptsyn V. I., Strelnikov, V. A., Istomin, S. V.Reduction of Toxic Emissions of Automotive Tractor Engines // Mechanization and Electrification of Agriculture. – 2003. – No. 4. – P. 22–23.
4. Strelnikov V. A. Electrothermal regeneration of soot filters of automotive diesel engines // Bulletin of the Saratov State Agrarian University n. a. N. I. Vavilov. – 2007. – No. 2. – P. 54–55.
5. Strelnikov V. A., Tsyptsyn V. I. Modeling of processes and development of technical means and methods that enhance the ecological safety of automotive diesel engines / Sarat. state. agr. un-ty n. a. N. I. Vavilov. Saratov, 2003. – P. 180.

Научная статья

УДК 621.432/004.932

## НОВЫЙ МЕТОД АНАЛИЗА ХРОМАТОГРАММ МОТОРНОГО МАСЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛАГИНА *INTERACTIVE 3D SURFACE PLOT*

**В.К. Корнеева, В.М. Капцевич, А.И. Цымбалюк, А.В. Макаревич**

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск,  
Республика Беларусь

**Аннотация.** Предложена новая методика анализа хроматограмм моторного масла, заключающаяся в использовании плагина *Interactive 3D Surface Plot* программного комплекса *ImageJ* для визуализации цифровых изображений в 3D-пространстве и определении размеров кольцевых зон масляного пятна, интенсивности их окрашивания и сравнения со шкалами Хорстмейера.  
**Ключевые слова:** моторное масло, хроматограмма, кольцевые зоны, размеры, интенсивность окрашивания, *Interactive 3D Surface Plot*.

Original article

## A NEW METHOD FOR ANALYZING MOTOR OIL CHROMATOGRAMS USING THE INTERACTIVE 3D SURFACE PLOT PLUGIN

**V.K. Korneeva, V.M. Kaptsevich, A.I. Tsymbalyuk, A.V. Makarevich**

Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Republic of Belarus

**Abstract.** A new method for analyzing motor oil chromatograms is proposed, which consists in using the Interactive 3D Surface Plot plugin of the ImageJ software package for visualizing digital images in 3D space and determining the sizes of annular zones of an oil stain, the intensity of their coloring and comparison with the Horstmeyer scales.

**Key words:** motor oil, chromatogram, annular zones, sizes, coloring intensity, Interactive 3D Surface Plot.

### Введение.

Хроматограмма моторного масла, полученная простым и доступным экспресс-методом «капельной пробы», является источником информации о состоянии масла и возможности его дальнейшего использования. 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

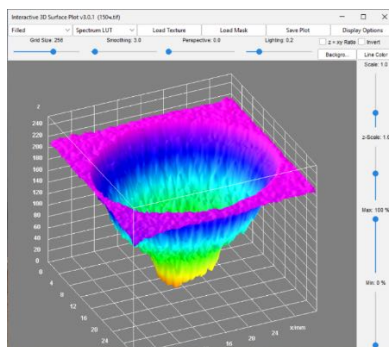
топливом. Традиционно оценка этих показателей осуществляется органолептическим методом [1]. Так, размеры кольцевых зон на хроматограмме определяются посредством ручного измерения, а интенсивности их окрашивания – путем сравнения цвета с балльной шкалой, предложенной Г. Хорстмейером [2] (далее шкала Хорстмейера). Однако, такая органолептическая оценка является субъективной и может оказаться ошибочной.

Современный этап развития компьютерных технологий и автоматизации экспериментов характеризуется большими возможностями для обработки экспериментальных данных, предусматривающей использование различных программных инструментов. Одним из таких инструментов является находящийся в открытом доступе программный комплекс *ImageJ* [3], 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.

Цель настоящей работы: предложить новый метод анализа цифрового изображения хроматограммы моторного масла, основанный на использовании плагина *Interactive 3D Surface Plot* программного комплекса *ImageJ*.

#### Методика исследований.

Предлагаемый метод, основанный на использовании плагина *Interactive 3D Surface Plot* программного комплекса *ImageJ*, заключается в визуализации двумерного изображения хроматограммы моторного масла в виде трехмерного пространства и количественной оценке размеров кольцевых зон и интенсивности их окраски. Этот плагин позволяет визуализировать изображение в координатах  $X$ ,  $Y$  и  $Z$ : реальное изображение и размеры отображаются на координатной плоскости  $XY$ , а интенсивность окрашивания в оттенках серого (от 255 – белый цвет, до 0 – черный цвет) – по оси  $Z$ . Плагин *Interactive 3D Surface Plot* (рисунок 1) предоставляет множество параметров для настройки визуализации изображения: формат отображения (*Filled* – сплошная заливка, *Mesh* – сетка, *Dots* – точки и др.); выбор цветовой палитры (*Grayscale* – оттенки серого, *Spectrum LUT* – радужная, *Fire LUT* – огненная, *Thermal LUT* – термографическая и др.); уровни сглаживания (*Smoothing*) и освещения (*Lighting*); представление значения  $Z$  как отношение координат  $x/y$  ( $z = xy \text{ Ratio}$ ); инверсия значения  $Z$  (*Invert*); выбор цвета фона (*Background Color*) и линий (*Line Color*); масштабирование (*scale*, *Z-scale*, *Max*, *Min*) и др.



### Рисунок 1. Интерфейс плагина *Interactive 3D Surface Plot*

Определение размеров кольцевых зон на хроматограмме с использованием плагина *Interactive 3D Surface Plot* осуществляется непосредственным считыванием значений на изображениях в плоскости  $XY$ , а интенсивность окрашивания ядра и диффузионной зоны – путем сравнения со шкалами Хорстмейера по оси  $Z$ .

Изображения шкал Хорстмейера представлены на рисунке 2.

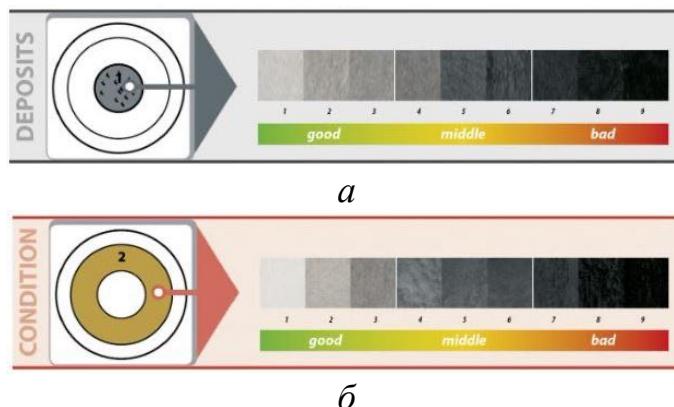


Рисунок 2. Изображения шкал Хорстмейера:  
*a* – зона ядра; *б* – диффузионная зона

В качестве объекта исследований выбрано моторное масло марки Лукойл Авангард 10W40 с различной наработкой: 0, 30, 100 и 150 ч. Цифровые изображения хроматограмм масел, полученных методом «капельной пробы», представлены на рисунке 3.

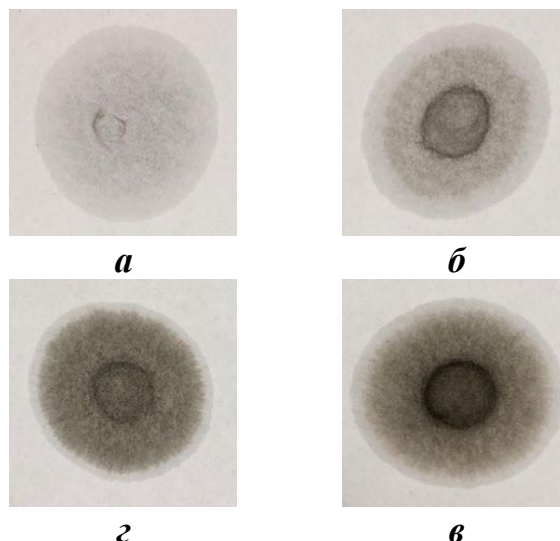


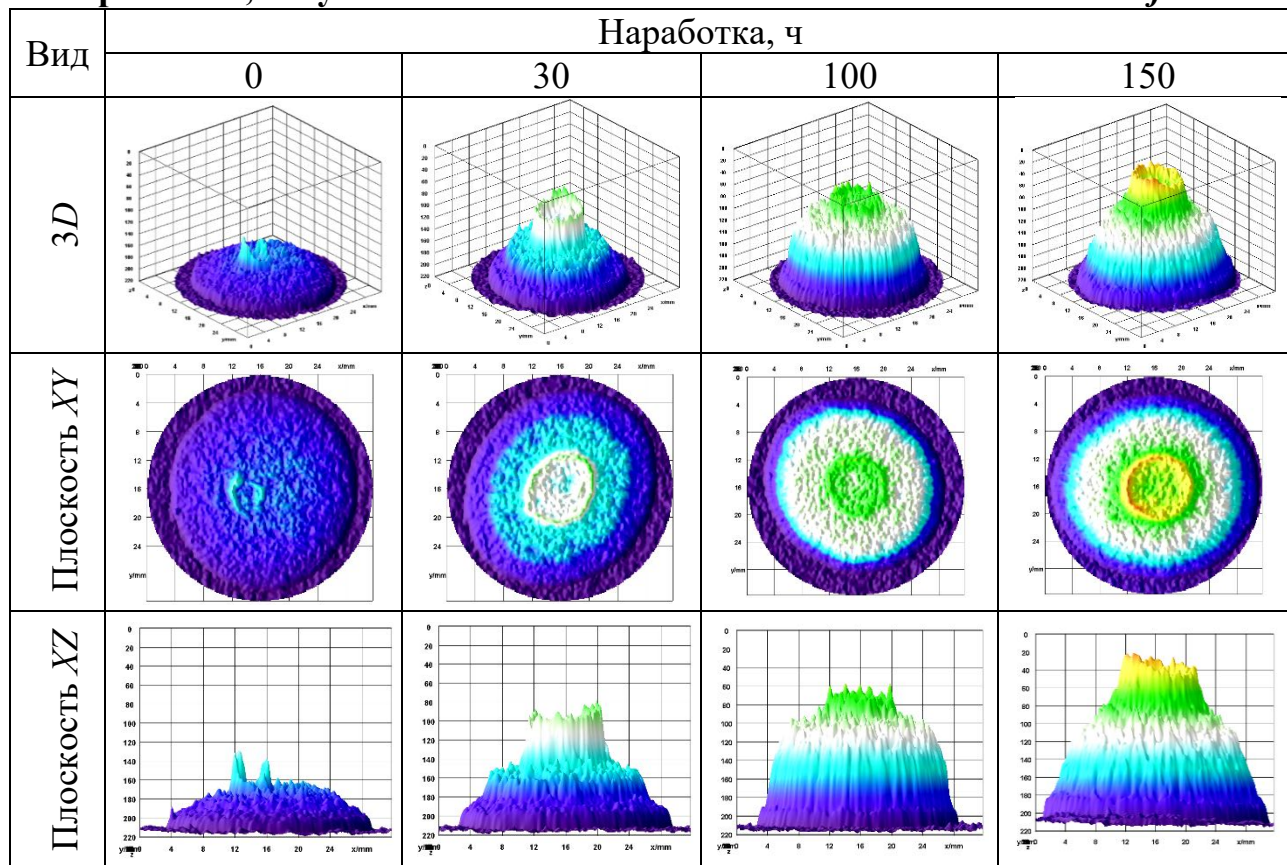
Рисунок 3. Цифровые изображения хроматограмм моторных масел с различной наработкой: *a* – 0 ч; *б* – 30 ч; *в* – 100 ч; *z* – 150 ч

### Результаты исследований.

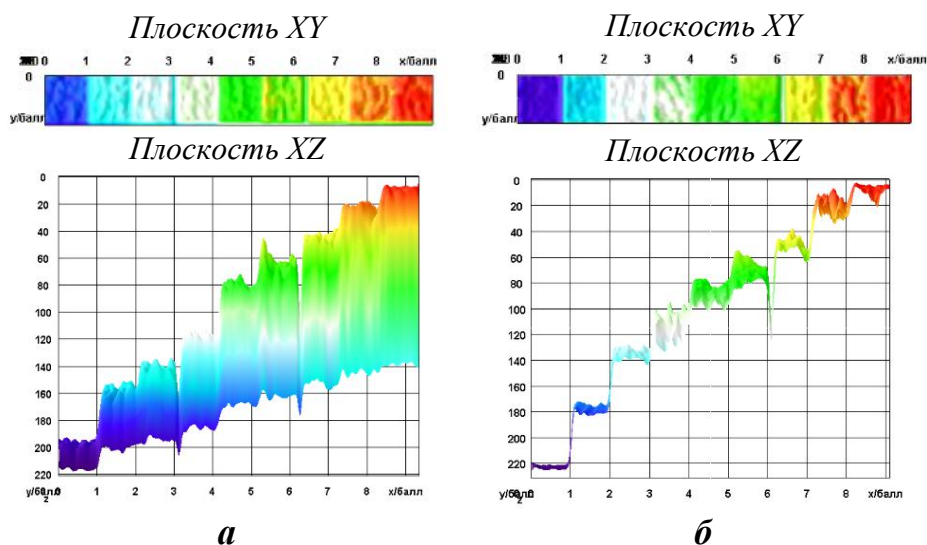
Цифровые изображения хроматограмм моторных масел с различной наработкой, полученные с использованием плагина *Interactive 3D Surface Plot* в

различных координатах представлены в таблице, а шкал Хорстмейера – на рисунке 4.

**Таблица – Цифровые изображения хроматограмм моторных масел с различной наработкой, полученные с использованием плагина *Interactive 3D Surface Plot***



Анализ полученных результатов (таблица) позволяет оценить размеры кольцевых зон на хроматограммах моторного масла: диаметр ядра с его кольцевой зоной находятся в диапазоне 4–10 мм, диаметр диффузионной зоны – 20–26 мм, а диаметр всего пятна – 25–28 мм, причем четкая зависимость изменения размеров зон от наработки моторного масла отсутствует.



**Рисунок 4. Цифровые изображения шкал Хорстмейера,**



полученные с использованием плагина *Interactive 3D Surface Plot*:

*a* – ядра; *b* – диффузионной зоны

Анализ изменения интенсивности окрашивания кольцевых зон (таблица) показывает ее существенное падение с увеличением наработки моторного масла: для ядра – 130 ед. (0 ч), 90 ед. (30 ч), 60 ед. (100 ч), 20 ед. (150 ч); для диффузионной зоны – 200 ед. (0 ч), 160 ед. (30 ч), 130 ед. (100 ч), 100 ед. (150 ч). Сопоставление результатов с балльными шкалами Хорстмейера (рисунок 4) позволяет прийти к заключению, что масло с наработкой 30 ч по окраске ядра и диффузионной зоны имеют баллы 3 и 2, соответственно, что свидетельствует о том, что масло находится в работоспособном состоянии, масло с наработкой 100 ч – баллы 6 и 3, соответственно, и оно по оценке ядра находится в предаварийном состоянии, масло с наработкой 150 ч – баллы 8 и 5, соответственно, что свидетельствует о его критическом состоянии по оценке ядра и предаварийном по оценке зоны диффузии.

#### **Заключение.**

Предложенный метод анализа хроматограмм моторного масла с использованием плагина *Interactive 3D Surface Plot* программного комплекса *ImageJ* позволяет значительно повысить точность и объективность оценки состояния масла по сравнению с традиционными органолептическими методами. Визуализация хроматограмм в трехмерном пространстве позволяет количественно определить размеры кольцевых зон и интенсивность их окрашивания. Практическая значимость данного метода заключается в возможности улучшить процесс контроля качества моторного масла в условиях предприятий агропромышленного комплекса, в которых регулярная оценка состояния масла может предотвратить выход из строя сельскохозяйственной техники.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Экспресс-методы контроля свойств моторного масла автотракторных двигателей внутреннего сгорания в условиях организаций агропромышленного комплекса / В.М. Капцевич и др. – Минск: БГАТУ, 2023. – 120 с.
2. 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. Хорстмейер. – Заявл. 11.09.14; опубл. 29.03.2018.
3. Ferreira T. ImageJ user guide / T. Ferreira, W. Rasband. – 2012. – 198 p.

#### **REFERENCES**

1. Rapid methods for monitoring the properties of motor oil of automotive and tractor internal combustion engines in the conditions of agro-industrial complex organizations / V.M. Kaptsevich et al. – Minsk: BGATU, 2023. – 120 p.
2. Method and device for analyzing oils and technical working fluids and for qualified assessment of the working conditions of elements: patent. RU 2 649 095: IPC G 01 N 21/29 / G. Horstmeyer. – Claimed. 11.09.14; published. 29.03.2018.

3. Ferreira T. ImageJ user guide / T. Ferreira, W. Rasband. – 2012. – 198 p.



**МЕТОДЫ ПОДХОДА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ  
НА ПРИМЕРЕ КЛЕТОК ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ  
ПЛЕМЕННЫХ ТЕЛЯТ**

*А.С. Старцев, А.Ю. Моршнев, М.Д. Борщев, О.С. Дворянчиков*  
Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии  
И инженерии Н. И. Вавилова, г. Саратов, Россия

**Аннотация.** Сформулирована техническая задача по снижению затрат труда по очистке полов клеток для содержания племенных телят от экскрементов. На основании мониторинга современных конструкций клеток, домиков и боксов для содержания телят, установлено, что наиболее актуальной для автоматизации процесса удаления экскрементов является клетка, оборудованная подвижным полом, разработанная в Вавиловском университете. Для неё сформирована функциональная схема автоматического управления процессом очистки подвижного пола, разработана генерация изображений, с использованием модели R-CNN решена задача поиска объектов с их классификацией, установлена карта признаков. На основании математической модели проведено обучение нейронной сети с использованием 206 фотографий. Процесс обучения включал в себя 150 эпох. Показан пример работы обученной нейронной сети.

**Ключевые слова:** клетка для содержания телят, телёнок, подвижный пол, экскременты, обучение, свёрточная нейронная сеть, модель, пиксели, изображения, поиск, обнаружение, слой, функция.

Original article

**METHODS OF THE USAGE APPROACH NEURAL NETWORKS IN  
ANIMAL HUSBANDRY USING THE EXAMPLE OF CELLS FOR  
MAINTENANCE BREEDING CALVES**

*A.S. Startsev, M.D. Borshchev, and O.S. Dvoryanchikov*  
Saratov State University of genetics, biotechnology and engineering  
named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

**Abstract.** A technical task has been formulated to reduce labor costs for cleaning the floors of cages for breeding calves from excrement. Based on monitoring of modern cage, house and box designs for calves, it has been established that the most relevant for the automation of the process of removing excrement is a cage equipped with a movable floor, developed at Vavilov University. A functional diagram of automatic control of the mobile floor cleaning process has been developed, image generation

has been developed, the task of object search and classification has been solved using the R-CNN model, and a feature map has been established. Based on the mathematical model, a neural network has been trained using 206 photographs. The training process included 150 epochs. An example of the trained neural network's operation has been demonstrated.

**Keywords:** calf cage, calf, movable floor, excrement, training, convolutional neural network, model, pixels, images, search, detection, layer, function.

### **Введение.**

Использование современных средств контроля и управления процессами в сельскохозяйственном производстве обусловлено снижением или исключением затрат ручного труда, своевременным выполнением задач согласно требованиям, и повышению уровня качества процесса [1]. В интегрирование интеллектуальных цифровых систем в технологические процессы заложен экономический эффект, направленный на снижение себестоимости конечной продукции, что повышает рентабельность сельскохозяйственного предприятия [4].

Сдерживающим фактором для полноценной цифровизации технологических систем является недостаточный уровень механизации некоторых производственных процессов.

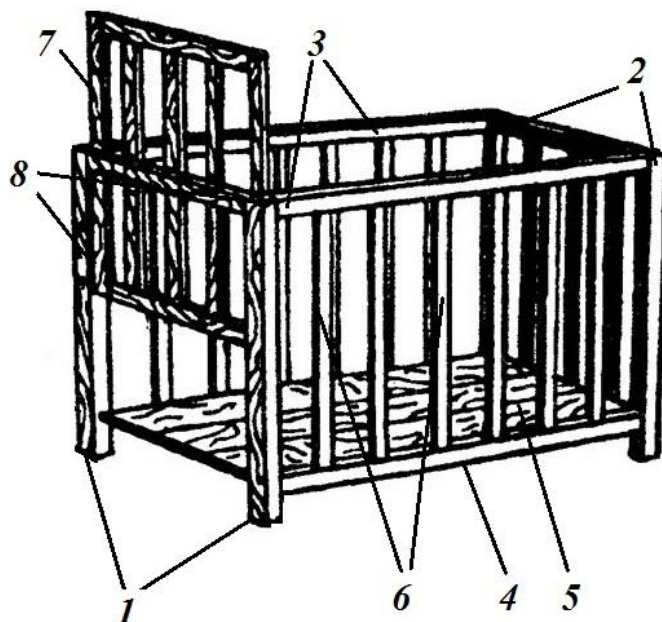
Высокий уровень механизации в РФ достигнут на основных полевых работах (обработка почвы, посев зерновых, посадка картофеля и сахарной свёклы, уборка зерновых и кормовых культур, заготовка сенажа и т. п.). Механизированы почти все трудоёмкие процессы на животноводческих комплексах (приготовление и раздача кормов, доение, удаление, транспортировка и переработка навоза и др.). Наиболее механизированным и автоматизированным является птицеводство [6].

Несмотря на вышеизложенное, следует учитывать, что в некоторых отраслях животноводства, механизация процессов затруднена или отсутствует в силу особенностей взаимодействия механизмов с живыми организмами животных или модели их поведения [5]. В этих случаях затруднения возникают на уровне разработки или проектирования конструкций, в том или ином случае неспособных в полной мере прогнозировать поведение живого организма или обеспечить его содержание и уход [8]. Одним из примеров может служить содержание и уход за телятами после их отъёма от матери в возрасте 3-4 недель. Содержание таких телят осуществляется в специализированных клетках, домиках или боксах. Выбор той или иной конструкции определяет ряд условий: природно-климатические, организационные и др. Содержание и уход за телятами в животноводстве является наиболее трудоёмкой операцией и осуществляется вручную скотником [7]. И если процессы кормления телят можно механизировать, то очистка клеток от экскрементов возможна лишь вручную при освобождении их неё телёнка. При этом следует учитывать, что очистка должна производиться как можно быстрее с момента опорожнения животного. Это необходимо, чтобы исключить возможность контакта телёнка с

собственными экскрементами. Нередки случаи, когда при несвоевременном удалении экскрементов, телята начинают лизать их, подвергая свой организм возможности заражения различными микроорганизмами. Очевидно, что опорожнение телёнка, если рассматривать его как живой организм, прогнозировать затруднительно, что в ряде случаев не позволяет осуществить полноценную уборку клетки или бокса.

#### **Методика исследований.**

Анализ конструкций средств содержания телят показал однотипность, по которым своевременная очистка полов от экскрементов затруднена и требует временного изъятия телёнка. Это стационарный пол, который оснащены все клетки, домики и боксы для содержания теля. Относительным исключением является «клетка Эйлера», оборудованная решётчатым полом, состоящих из продольных поперечин (рис. 1). Подобная конструкция полностью не решает задачи очистки пола, поскольку часть экскрементов остаётся на поперечинах. Кроме того, следует отметить вероятность травмирования копытц телят при их застревании между поперечинами.



**Рисунок 1. Деревянная клетка для содержания телят:**  
**1 – передние стойки; 2 – задние стойки; 3 – поперечины; 4 – пол;**  
**5 – щели; 6 – прутки; 7 – дверца, 8 – направляющие**

Из проведённого мониторинга, можно сделать вывод, что своевременная очистка полов клеток для содержания племенных телят с использованием средств автоматизации контроля опорожнения телёнка и очистки пола возможна при следующих условиях:

- наличие подвижного или движущегося пола;
- оборудование подвижного пола стационарной системой очистки и смыва экскрементов, взаимодействующей с его поверхностью;
- отвод омывающей жидкости;
- достаточное количество датчиков, фиксирующих опорожнение телёнка

с передачей сигнала для включения системы очистки.

Техническим решением для оборудования клетки подвижным полом может являться клетка с подвижным полом, разработанная в Вавиловском университете (рис. 2) [13]. Устройство оснащено очищающим скребком с экспериментально установленными углами наклона очищающих лезвий (рис. 3) и устройством смыва остатка экскрементов с подвижного пола дезинфицирующим раствором [14].



**Рисунок 2. Клетка, оборудованная подвижным полом для содержания племенных телят**

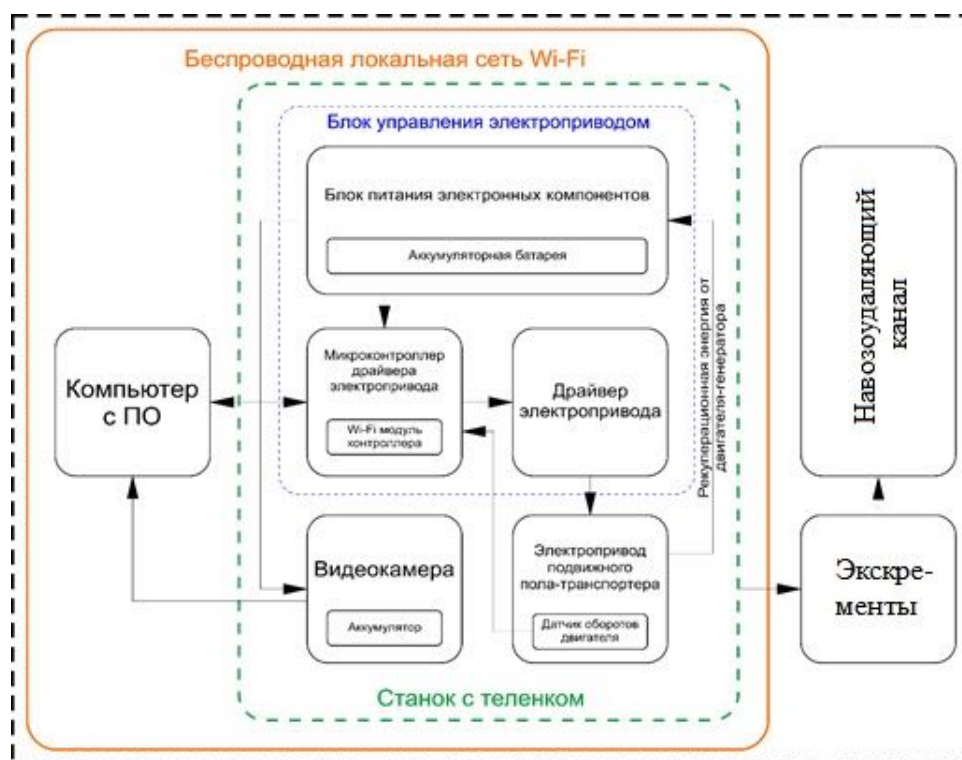


**Рисунок 3. Производственный образец очищающего скребка:**

**1 – рама; 2 – лезвия; 3 – кронштейны для регулировки угла при вершине скребка  $\beta$ ; 4 – кронштейны для регулировки угла наклона рабочей кромки скребка  $\gamma$**

**Результаты исследований.**

Учитывая, что прогнозирование положения телёнка затруднено, разрабатываемая система требует группы датчиков, фиксирующих наличие экскрементов на полу клетки [9]. Решением технической задачи своевременного обнаружения экскрементов при различных положениях телёнка и месте их образования на подвижном полу, может быть машинное обучение свёрточной нейронной сети, оборудованной системой автоматического управления процессом очистки (рис. 4).

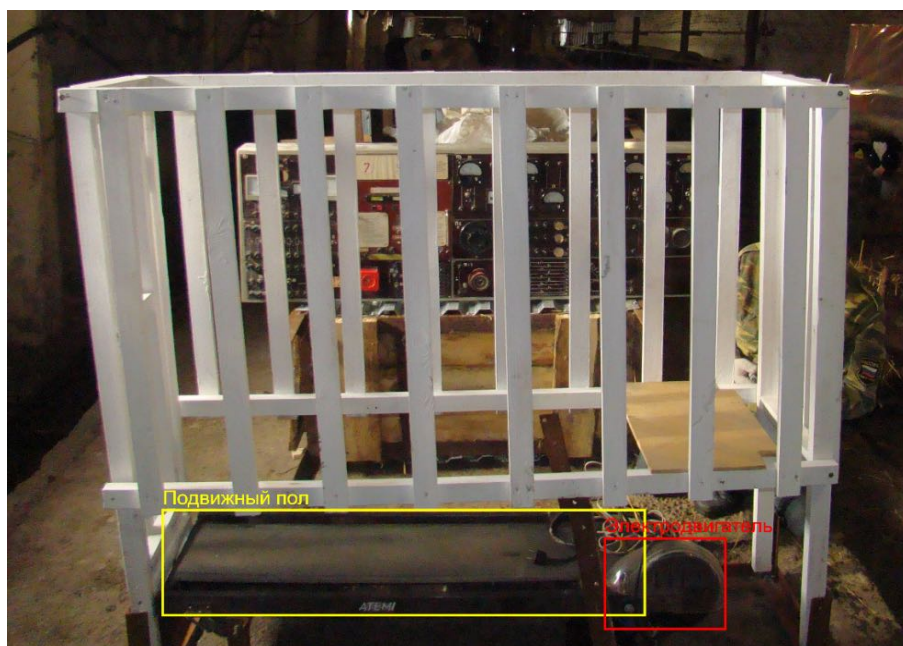


**Рисунок 4 – Функциональная схема автоматического управления процессом очистки подвижного пола клетки**

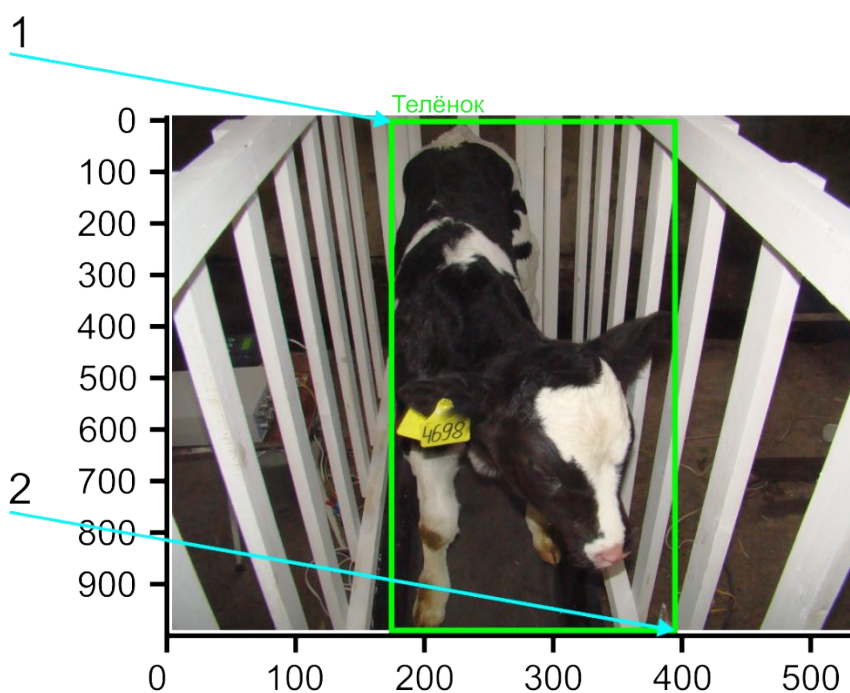
При выборе доступного инструмента возможно использование Object Detection (детекция объектов) – программного обеспечения для поиска, определения местоположения и распознавания объектов на фотографиях или в видеопотоке (рис. 5).

Определения местоположения объекта основано на использовании ограничивающей рамки, положение которой относительно объекта определяется координатами «х», «у» как левого верхнего угла, так и правого нижнего (рис. 6) [10].



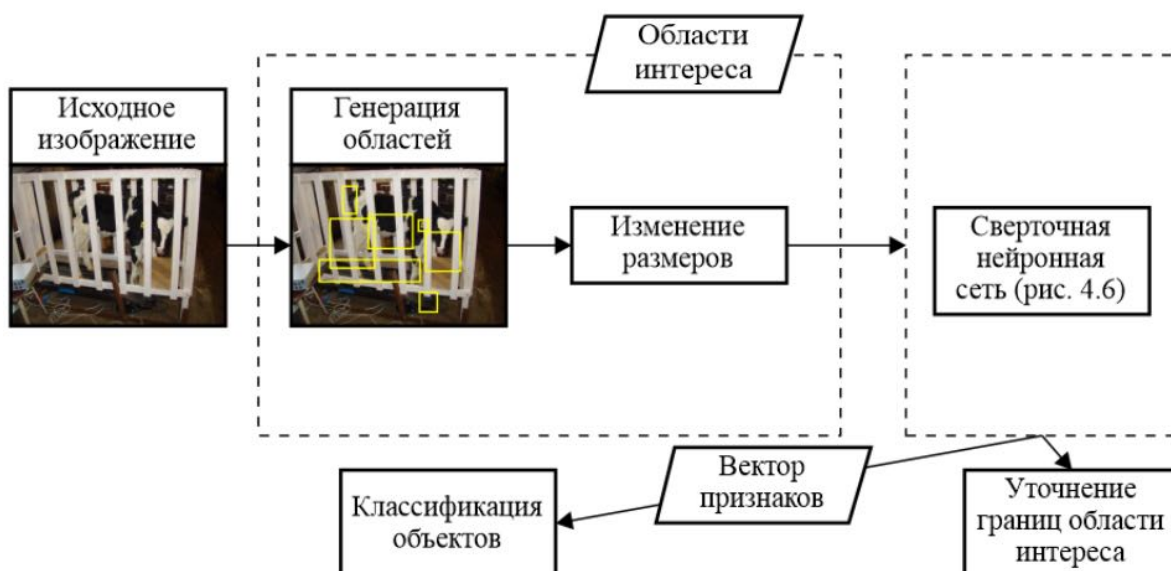


**Рисунок 5. Пример определения объектов на изображении на клетке для содержания племенных телят**



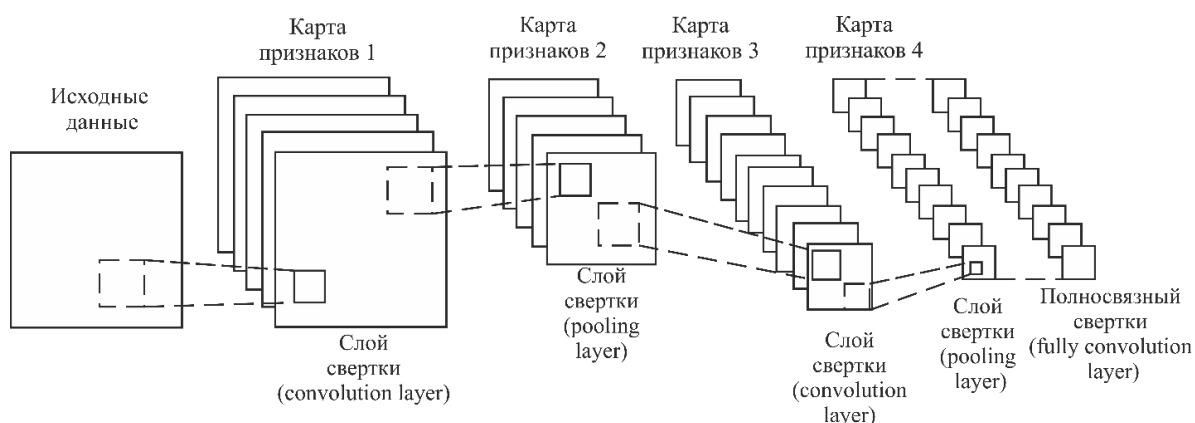
**Рисунок 6. Определение телёнка по координатам**

Следующим этапом будет сегментация, что подразумевает выделение объектов в исходных данных сети. Объекты, как выделенный класс, подсвечиваются на изображении. В сегментации используется попиксельная классификация, в которой каждому пикселю объекта присваивается определённый класс (рис. 7).



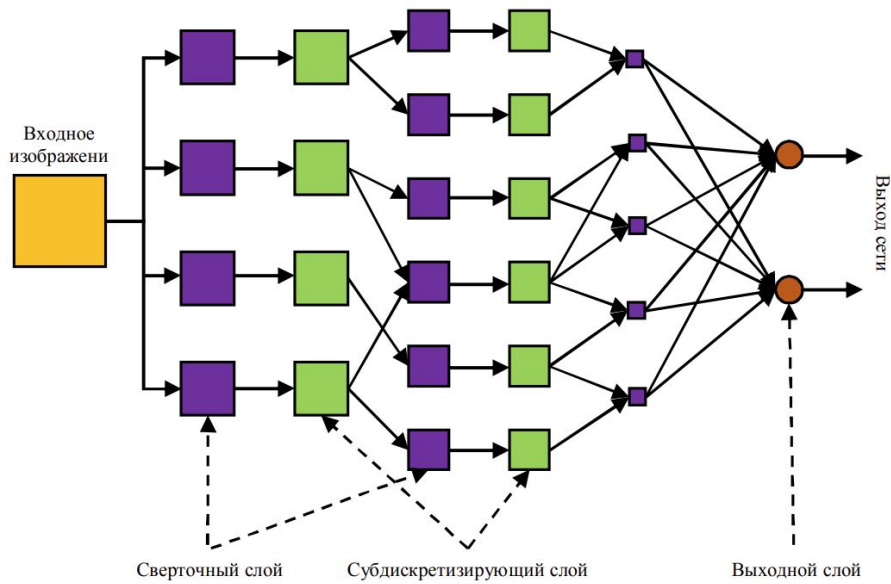
**Рисунок 7. Генерация областей**

Для решения задачи поиска объектов с одновременной их классификацией, используем модель R-CNN (рис. 8). Для поиска объектов используем: генерацию областей интереса для исходного изображения, формирование карты признаков, классификация объектов.



**Рисунок 8. Классификация объектов**

Свёрточный и субдискретизирующий слой считаются слоями двумерной размерности, а выходной слой, как правило, представляет собой вектор из пространства  $\mathbb{R}^1$ . В СНС каждый двумерный слой имеет несколько уровней. Каждый уровень представляет собой двумерный массив. Выход каждого уровня в дальнейшем будем называть картой признаков (рис. 9).



**Рис. 9. Карта признаков свёрточной нейронной сети**

Математическая модель выходного слоя. Необходимо рассмотреть выходной слой  $L$ , состоящий из единичных нейронов. Пусть  $N^L$  – количество нейронов на слое. Пусть  $W_{v,n}^L$  – фильтр, применяемый к карте признаков  $m$  последнего свёрточного слоя для получения перехода к нейрону  $n$  выходного слоя. Примем, что  $b_n^L$  – пороговое значение, добавляемое к нейрону  $n$ .

Пользуясь введенными обозначениями, получаем формулу для подсчета значения выходного нейрона  $n$ :

$$y_n^L = f_L \left( \sum_{m=1}^{N^{L-1}} y_m^{L-1} W_{m,n}^L + b_n^L \right). \quad (1)$$

В результате установлено, что выходом свёрточной нейронной сети является вектор вида [12]:

$$y = [y_1^L, y_2^L \dots y_{N^L}^L]. \quad (2)$$

Обучение свёрточной нейронной сети. Известно, что обучение нейронных сетей имеет конкретную задачу – минимизация функции ошибки на протяжении нескольких итераций или эпох [2].

Примем, что обучающее множество будет включать в себя  $P$  изображений. Примем величину  $Z^p$  – как  $p$ -ое изображение тренировочного множества, а за  $d_n^p$  – желаемый выход системы. В этом случае, функцию ошибки сети найдём по выражению [11]:

$$E(w) = -d_n^p \cdot \log y_n^p, \quad (3)$$

где  $y_n^p$  – выход нейронной сети.

Вычисление градиента функции ошибки сети. Минимизации представленной функции ошибки (3) возможно достичь за счёт вычисления её градиента. Для этого необходимо знать частные производные по основным



параметрам сети.

Таким образом, для каждого нейрона  $i, j$  карты признаков  $n$  слоя  $l$ ,  $l=1...L$ , частная производная по взвешенной сумме  $s_n^{l,p}(i, j)$ , где  $n=1...N^l, i=1...H^l, j=1...W^l$  имеет вид:

$$\delta_n^{l,p}(i, j) = \frac{\partial E}{\partial s_n^{l,p}(i, j)}. \quad (4)$$

Преобразование производной (4) через функцию активации слоя получаем, используя цепное правило дифференцирования:

Для выходного слоя  $L$  (4) будет иметь вид:

$$\delta_n^{l,k} = \frac{1}{p \times N^l} \cdot e_n^p \cdot f'(s_n^{l,p}), \quad (5)$$

где  $e_n^p = y_n^{L,p} - d_n^p$ .

Для свёрточного слоя  $l=2a+1$ , выражение (4) примет вид:

$$\delta_n^{l,p}(i, j) = f'_l[s_n^{l,p}(i, j)] \times \delta_n^{l+1,p}(i, j) \times W_{m,n}^{l+1,p}. \quad (6)$$

Для субдискретизирующего слоя  $l=2a$ , выражение (4) будет иметь вид:

$$\delta_n^{l,p}(i, j) = f'_l[s_n^{l,p}(i, j)] \times \sum_{m \in U_n^l} \sum_{(i', j') \in R^l(i, j)} \delta_m^{l+1,p}(i', j') \times W_{m,n}^{l+1,p}(i - i', j - j') \quad (7)$$

где  $U_n^l = \{1, 2, \dots, N^{l-2}\}$ ,  $R^l(i, j) = \{i' = 1, 2, \dots, H^l; j' = 1, 2, \dots, W^l\}$ ,  $i' = \left\lfloor \frac{i}{2} \right\rfloor$ ,  $j' = \left\lfloor \frac{j}{2} \right\rfloor$ .

Вычисление функции ошибки сети (3) применительно к каждому слою по параметрам  $W_{m,n}^l$  и  $b_m^l$  возможно за счёт полученных производных (5), (6), (7). В этом случае получаем градиент (12) для выходного слоя  $L$ :

$$\frac{\partial E}{\partial W_{m,n}^l} = \sum_{p=1}^p \delta_n^{l,p} \cdot y_m^{l-1,p}; \frac{\partial E}{\partial b_n^l} = \sum_{p=1}^p \delta_n^{l,p}, \quad (8)$$

где  $m = 1, 2, \dots, N^{l-2}, n = 1, 2, \dots, N^l$ .

Градиент (12) для свёрточного слоя  $l=2a+1$ :

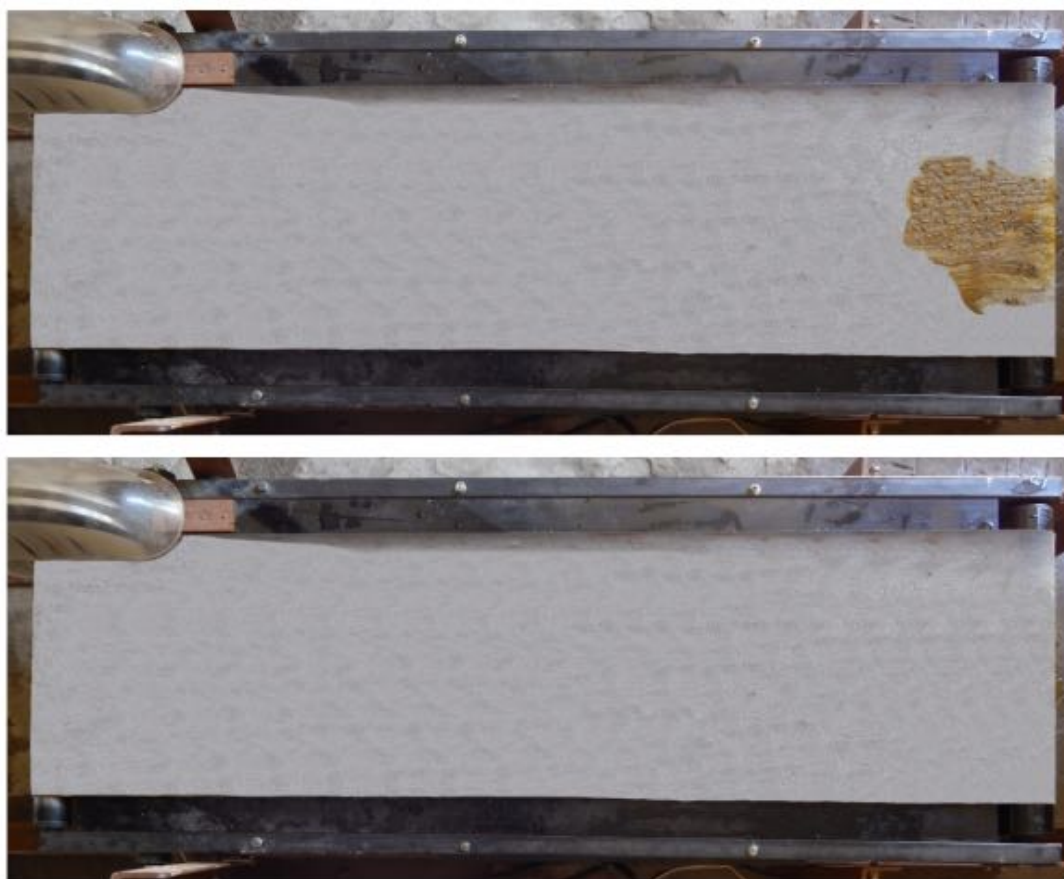
$$\frac{\partial E}{\partial W_{m,n}^l} = \sum_{p=1}^p \delta_n^{l,p}(i, j) \cdot y_n^{l-1,p}; \frac{\partial E}{\partial b_n^l} = \sum_{p=1}^p \sum_{(i, j)} \delta_n^{l,p}(i, j). \quad (9)$$

Градиент для субдискретизирующего слоя  $l=2a$ :

$$\frac{\partial E}{\partial W_{m,n}^l} = \sum_{p=1}^p \sum_{(i', j')} \delta_n^{l,p}(i', j') \cdot y_n^{l-1,p}(i', j'); \sum_{p=1}^p = \sum_{(i', j')} \delta_n^{l,p}(i', j') \cdot y_n^{l-1,p}(i', j') \quad (10)$$

где  $m = 1, 2, \dots, N^{l-2}, n = 1, 2, \dots, N^l, i' = \left\lfloor \frac{i}{2} \right\rfloor, j' = \left\lfloor \frac{j}{2} \right\rfloor$ .

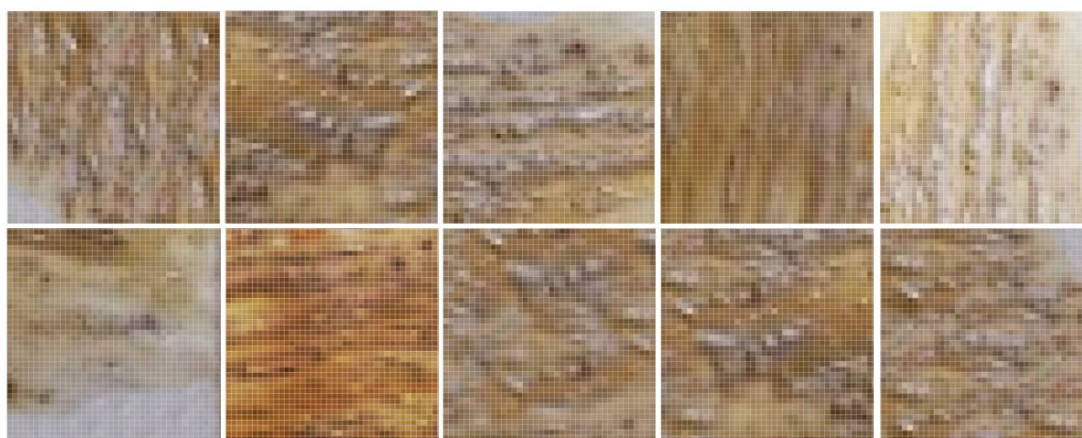
Обучение сети проводили с помощью 206 фотографий экскрементов телят, сделанных на подвижном полу клетки. Из них 126 фотографий применялись в виде обучающей выборки и 80 в виде тестовой [9]. Размер изображений составлял  $1100 \times 440$  пикселей (рис. 10).



**Рисунок 10. Пример двух изображений обучающей выборки**

Описание архитектуры реализованной нейронной сети. Целью разработки являлась реализация и применение модели свёрточной нейронной сети, которая включала в себя 7 слоёв [12].

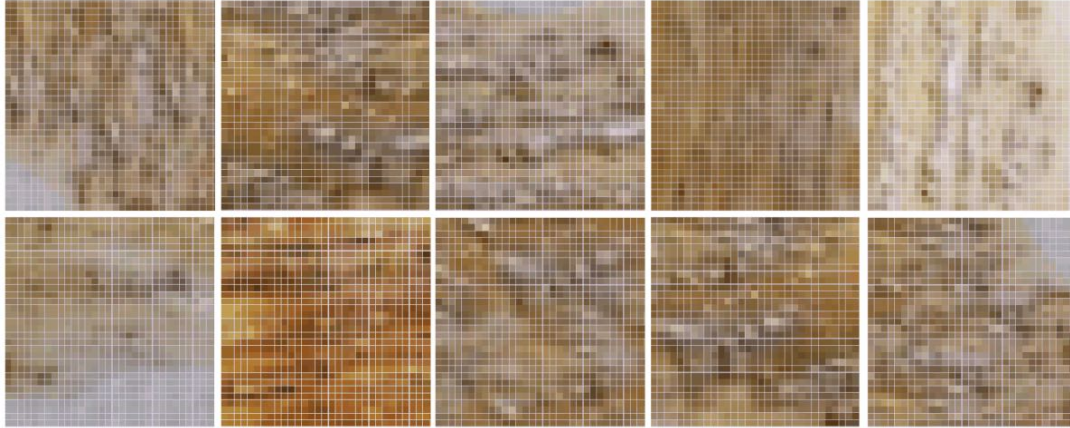
Процесс обучения сети включал в себя 150 эпох. Первый слой разработанной нейронной сети являлся свёрточным слоем. На вход этому слою подавали изображение с размером  $1100 \times 440$  пикселя со свёрткой размером  $40 \times 40$ . Использовались фильтры изображений в количестве 10 единиц (рис. 11).



**Рисунок 11. Фильтры первого слоя сети, настроенные на распознавание простейших признаков**

Размер выходных карт признаков данного слоя составляет  $144 \times 144$

пикселей. Второй слой разработанной сети представлял собой слой субдискретизации. Главная задача слоя субдискретизации – уменьшение размерности входной фотографии и выбор пикселя максимального значения среди остальных, находящихся рядом. В полученной архитектуре сети выбор проводили между 4 соседними пикселями (рис. 12).



**Рисунок 12. Использование субдискретизации к одной обучающей выборке**

Третий слой представлял собой свёрточный слой, способный принять на входе 10 карт признаков второго слоя. Для фильтров принимали матрицы размера  $31 \times 31$ . При этом на выходе были сформированы 30 карт признаков с размерами  $72 \times 72$  пикселей.

Четвёртый слой нейронной сети, подобно второму, представлял собой слой субдискретизации.

Выход четвёртого слоя представлял собой 30 карт признаков с размерами  $36 \times 36$  пикселей.

Пятый слой разработанной нейронной сети являлся свёрточным слоем [12].

На вход к слою было предложено 30 карт признаков предыдущего слоя. Для них использовали фильтры размера  $4 \times 4$ .

В результате выход моделированного слоя включает в себя 500 карт признаков размером  $2 \times 2$  пикселя.

В шестой слой было заложено применить нелинейную функцию:

$$f(y_n^5) = \max(0, y_n^5(i, j)). \quad (11)$$

Полученную функцию является самым рациональным вариантом из возможных для обучения нейронной сети в силу упрощения вычисления её градиента, что ускоряет процесс обучения сети. При этом возрастает нелинейность выхода:

$$\frac{\partial f}{\partial y_n^5} = \begin{cases} 1, & y_n^5(i, j) \geq 0 \\ 0, & y_n^5(i, j) \leq 0 \end{cases}. \quad (12)$$

Седьмой слой разрабатываемой нейронной сети представляет собой полносвязный слой, который содержит 26 нейронов. Седьмой слой решал задачу по классификации.

За функцию активации слоя примем softmax-функцию [3]:

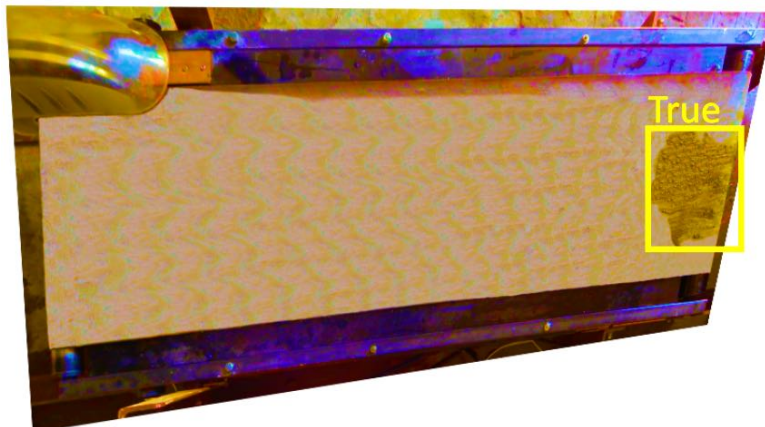
$$y_{26}^7 = \frac{e^{y_n^6(i,j)}}{\sum_{k=0}^{25} e^{y_n^6(i,j)}} \quad (13)$$

Сравнительную оценку полученных величин можно получить, используя выражение (12):

$$E^7 = -d_{26}^7 \cdot \log y_{26}^7, \quad (14)$$

где  $d_{26}^7$  – желаемый выход для конкретного обучающего примера.

На рисунке 13 показан пример использования разработанной нейронной сети.



**Рисунок 13 – Пример работы нейронной сети (изображение подвержено трехмерному повороту и повышению насыщенности до 100%; возвращенное значение «True» – экскременты обнаружены)**

**Заключение.** На основании мониторинга конструкций клеток для содержания племенных телят наиболее актуальной для применения автоматизированных систем является клетка с подвижным полом и системой очистки от экскрементов, разработанная в Вавиловском университете на кафедре «Техническое обеспечение АПК». Для предложенной конструкции была разработана архитектура и математическая модель обучения свёрточной нейронной сети. Тестирование которой производилось на основе базы данных, содержащей фотографии подвижного пола с метками. Всего было использовано 206 фотографий. Для более точного распознавания системы фотографии подвергались обработке. В результате разработанную нейронную сеть можно считать инвариантной, то есть восприимчивой к искажениям геометрии пятна экскрементов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атаманкина, Л. Н. Роботизированная технология для производства молока от индивидуально взятой коровы / Л. Н. Атаманкина, Г. Г. Габдуллин, Ю. Г. 1. Автоматизированное дешифрование сельскохозяйственных культур с использованием спектральной съемки / А.В. Борников, Д.В. Фролов, И.Н.

Глушков, А.П. Несват, А.В. Родимцева // Национальные приоритеты развития агропромышленного комплекса: матер. науч.-практ. конф. 2023. С. 1210-1213. EDN: YGIJSL.

2. Горбаченко В.И., Савенков К.Е., Малахов М.А. Машинное обучение: учеб. пособ. М.: 2023. 217 с. EDN: WLHHBP.

3. Гладилин П.Е., Боченина К.О. Технологии машинного обучения: учеб.-метод. пособ. СПб. 2020. 75 с. EDN: EJURNF.

4. Иванов Ю.Г., Понизовкин Д.А., Акимов А.П. Совершенствование технологических процессов и технических средств на основе индивидуального контроля параметров животных на фермах // Вестник ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2018. – № 5(87). – С. 25-30. <https://doi.org/10.26897/1728-7936-2018-5-25-30>

5. Иванов Ю.Г., Голубятников В.А., Сидоренко М.С. Структура технических и программных средств дистанционного контроля сигналов коров // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2015. – № 3(19). – С. 192-194. EDN: VCGSCF.

6. Лачуга Ю.Ф. Механизация сельского хозяйства [Электронный ресурс]: Большая советская энциклопедия 2004-2017. Режим доступа: <https://old.bigenc.ru/agriculture/text/3990345>

7. Моршнев А.Ю. Программные средства для обнаружения экскрементов в стойлах крупного рогатого скота // Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники: матер. XXXV междунар. науч.-практ. конф. Саратов. 2022. С. 163-173. EDN: EXAIPL.

8. Применение цифровых технологий в животноводстве / А.А. Мурзаханов, И.В. Герасименко, И.Н. Глушков, М.И. Попова // Совершенствование инженерно-технического обеспечения производственных процессов и технологических систем: матер. нац. науч.-практ. конф. Москва. 2024. С. 333-336. EDN: YGIJSL.

9. Применение микроконтроллеров в сельском хозяйстве / А. С. Шарова, И. Н. Глушков, А. П. Несват [и др.] // В фокусе достижений молодежной науки: Материалы ежегодной итоговой научно-практической конференции, Оренбургский государственный аграрный университет, 13 ноября 2024 года. – Оренбург: ООО "Типография "Агентство Пресса", 2024. – С. 431-436. – EDN KLATVG.

10. 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.

11. Терлецкий А.С., Терлецкая Е.С. Нейронные сети и искусственный интеллект: основы нейронных сетей на языке Python: учеб. пособ. Липецк. 2023. 76 с.



12. Федорова, А. А. Распознавание английского текста сверточной нейронной сетью / А. А. Федорова. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. 2016. № 14 (118). С. 97-102. URL: <https://moluch.ru/archive/118/32732/>
13. Чернова, Е. Н. Теория очистки подвижной ленты клетки для содержания телят скребком очищающим / Е. Н. Чернова, А. С. Старцев, Г. Е. Шардина // Научное обозрение. – 2015. – № 16. – С. 44-54. – EDN VWGIEN.
14. Чернова, Е. Н. Результаты экспериментальных исследований по определению остатка экскрементов на транспортной ленте клетки для содержания телят в зависимости от скорости движения ленты / Е. Н. Чернова, А. С. Старцев // Научная мысль. – 2015. – № 3. – С. 228-231. – EDN UMLOLB.

## REFERENCES

1. Automated Decoding of Crops Using Spectral Imaging / A.V. Bornikov, D.V. Frolov, I.N. Glushkov, A.P. Nesvat, and A.V. Rodimtseva // National Priorities for the Development of the Agro-Industrial Complex: Proceedings of the Scientific and Practical Conference. 2023. Pp. 1210-1213. EDN: YGIJSL.
2. Gorbachenko V.I., Savenkov K.E., Malakhov M.A. Machine Learning: Textbook. Moscow: 2023. 217 p. EDN: WLHHBP.
3. Gladilin P.E., Bochenina K.O. Machine learning technologies: textbook. - the method. posob. Spb. 2020. 75 p. EDN: EJURNF.
4. Ivanov Yu.G., Ponizovkin D.A., Akimov A.P. Improvement of technological processes and technical means based on individual control of animal parameters on farms // Bulletin of the Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin. – 2018. – No. 5(87). – Pp. 25-30. <https://doi.org/10.26897/1728-7936-2018-5-25-30>
5. Ivanov Yu.G., Golubyatnikov V.A., Sidorenko M.S. The structure of technical and software tools for remote monitoring of cow signals // Bulletin of the All-Russian Research Institute of Animal Husbandry Mechanization. – 2015. – No. 3(19). – Pp. 192-194. EDN: VCGSCF.
6. Lachuga Yu.F. Mechanization of Agriculture [Electronic resource]: Great Soviet Encyclopedia 2004-2017. Access mode: <https://old.bigenc.ru/agriculture/text/3990345>
7. Morshnev A.Y. Software tools for detecting excrement in cattle stalls // Problems of efficiency and operation of tractor equipment: mater. XXXV International Scientific and Practical Conference Saratov. 2022. pp. 163-173. EDN: EXAIPL.
8. Application of digital technologies in animal husbandry / A.A. Murzakhanov, I.V. Gerasimenko, I.N. Glushkov, M.I. Popova // Improvement of engineering and technical support for production processes and technological systems: materials of the national scientific and practical conference. Moscow. 2024. Pp. 333-336. EDN: YGIJSL.
9. Application of microcontrollers in agriculture / A. S. Sharova, I. N. Glushkov, A. P. Nesvat [et al.] // In the focus of achievements of youth science:

Materials of the annual final scientific and practical conference, Orenburg State Agrarian University, November 13, 2024. – Orenburg: LLC "Typography "Agency Pressa", 2024. – Pp. 431-436. – EDN KLATVG.

10. Training a convolutional neural network to detect excrement in a calf pen / A. S. Startsev, E. E. Demin, A. Yu. Morshnev, and V. N. Sokolov // Izvestiya of the Orenburg State Agrarian University. – 2024. – No. 6(110). – Pp. 173-181. – DOI 10.37670/2073-0853-2024-110-6-173-181. – EDN MURBIO.

11. Terletsky A.S., Terletskaya E.S. Neural networks and artificial intelligence: fundamentals of neural networks in Python: textbook. the manual. Lipetsk. 2023. 76 p.

12. Fedorova, A. A. Recognition of English Text by a Convolutional Neural Network / A. A. Fedorova. – Text: direct // Young Scientist. 2016. No. 14 (118). Pp. 97-102. URL: <https://moluch.ru/archive/118/32732/>

13. Chernova, E. N. Theory of cleaning the movable belt of the calf-keeping cage with a cleaning scraper / E. N. Chernova, A. S. Startsev, and G. E. Shardina // Scientific Review. – 2015. – No. 16. – Pp. 44-54. – EDN VWGIEN.

14. Chernova, E. N. Results of experimental studies on determining the residue of excrement on the conveyor belt of a calf-keeping cage, depending on the speed of the belt / E. N. Chernova, A. S. Startsev // Nauchnaya Mysl. – 2015. – No. 3. – Pp. 228-231. – EDN UMLOLB.

# ДИАГНОСТИКА МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА И СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ

---

Научная статья  
УДК 629.113.004

## НЕРАВНОМЕРНОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТОРМОЖЕНИЯ КОЛЁС АВТОМОБИЛЯ

*С.А. Гребенников, А.С. Гребенников, Г.О. Киселев,  
А.В. Рогожин, А.В. Косарева*

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

**Аннотация.** Рассмотрено изменение показателей эффективности торможения отдельных колёс грузовых и легковых автомобилей в процессе эксплуатации, влияние неравномерности тормозных сил колес оси на управляемость и безопасность дорожного движения. Приведены статистические данные о неравномерности тормозных сил на колесах по сторонам и осям автомобиля. Даны краткий анализ известных способов диагностирования тормозных систем автотранспортных средств и обоснование необходимости их совершенствования в виде встроенных в конструкцию автомобиля средств.

**Ключевые слова:** автомобиль, тормозная система, показатели, неравномерность торможения колёс, диагностика.

Original article

## UNIFORMITY OF VEHICLE WHEEL BRAKING PERFORMANCE

*S.A. Grebennikov, A. S. Grebennikov, G.O. Kiselev,  
A.V. Rogozhin, A.V. Kosareva*

Saratov State Technical University named after Gagarin Yu.A., Saratov, Russia

**Abstract.** The article considers the change in braking efficiency of individual wheels of trucks and passenger cars during operation, the effect of uneven braking properties of wheels on the same axle on vehicle handling and road safety. It provides statistical data on the unevenness of braking performance on the wheels of the vehicle's sides and axles. The article provides a brief analysis of the known methods for diagnosing vehicle braking systems and the need for their improvement in the form of built-in features in the vehicle design.

**Keywords:** car, brake system, indicators, uneven wheel braking, diagnostics.

### Введение.

Современная тенденция развития автомобильных транспортных средств



(АТС), особенно их беспилотных модификаций, требуют оснащения базовых агрегатов и систем встроенными средствами диагностирования, непрерывно передающими информацию о техническом состоянии водителю и специалистам отдела технической эксплуатации по месту дислокации автомобилей - АТП. Особое внимание контролю технического состояния во всех развитых, в отношении производства автомобилей, странах [1, 2, 3], уделяется элементам АТС, обеспечивающим безопасность дорожного движения (БДД).

В отечественном ГОСТ Р 58804-2020 и международном ISO 11270:2014 указаны наиболее востребованные конструкторские разработки, направленные на совершенствование эффективности функционирования систем управления АТС, к которым отнесены способы и устройства контроля элементов тормозной системы. Считается, что на тормозные элементы грузовых АТС приходится до 5,3% отказов (по данным фирмы ADAC-TruckService); в легковых автомобилях - около 2%, но их последствия считаются наиболее тяжелыми.

Помимо полных отказов тормозных устройств на БДД АТС влияют и их неисправности, в частности, неравномерность тормозных сил колёс одной оси, отклонения от нормативных значений которых приводят к ухудшению показателей эффективности торможения и изменению траектории движения автомобиля, заданной водителем, требующего от него дополнительной коррекции положения рулевого колеса. По требованиям к безопасности АТС в эксплуатации, ГОСТ Р 33997-2016 [3] допускает разность тормозных сил колёс одной оси: для дисковых тормозных механизмов – не более 20% ; для осей с барабанными колесными тормозными устройствами - 25%. При испытании АТС на тормозном стенде показатель неравномерности сил торможения колес одной оси рассчитывается из соотношения разности максимальных сил торможения левого  $P_{т\text{ лев}}$  и правого  $P_{т\text{ пр}}$  колес, отнесенной к их суммарной силе

$$K_n = \frac{|P_{т\text{ пр}} - P_{т\text{ лев}}|}{P_{т\text{ пр}} + P_{т\text{ лев}}} * 100, \%. \quad (1)$$

Исходя из перечисленных доводов и требований к безопасности эксплуатации АТС следует, что работы в области контроля неравномерности изменения технического состояния одноименных элементов тормозной системы АТС и показателей эффективности её функционирования в процессе эксплуатации, а также разработки рекомендаций по созданию устройств встроенного диагностирования индивидуальных тормозных свойств всех колёс, являются актуальными.

#### **Цель научных исследований.**

Цель статьи: экспериментально исследовать фактические показатели неравномерности эффективности торможения отдельных колёс грузовых и легковых автомобилей в процессе эксплуатации и дать соответствующие рекомендации по профилактическим и регламентным работам техническим службам АТП, а также по созданию устройства встроенного диагностирования индивидуальных тормозных свойств колёс одной оси АТС.

#### **Методика исследований.**

В статье приводятся результаты экспериментальных исследований по

определению показателей неравномерности износа элементов тормозных систем и эффективности торможения АТС в процессе эксплуатации по грузовым и легковым автомобилям в процессе эксплуатации. Эффективность торможения АТС проверялась дорожными испытаниями по ГОСТ Р 33997-2016, а также современными отечественными и зарубежными роликовыми стендами по рекомендованным методикам проведения диагностических работ. Неравномерность значений износа одноименных элементов тормозных механизмов, работающих с правой и левой сторон, проверялась на автомобилях КАМАЗ, МАЗ, автобусах ЛиАЗ, зарубежных BMW.

Измерения неравномерности значений износа (по толщине) тормозных дисков автомобилей ВАЗ в процессе эксплуатации выполнялись по радиусу на расстояниях 10, 20 и 30 мм от их края в четырех взаимно-перпендикулярных плоскостях по обеим сторонам. По результатам измерений определяли фактический износ (номинальная толщина тормозного диска – 12<sub>-0,2</sub> мм, предельно – допустимая – 10,8 мм), по которым вычисляли значения коэффициента  $\delta_{TH}$  неравномерности его износа по радиальной высоте и окружностям одного радиуса (биение) по формуле [2]

$$\delta_{TH} = \frac{S_{\max} - S_{\min}}{S}.$$

Обработка экспериментальных данных велась методами математической статистики.

### **Результаты исследований.**

Установлена общая закономерность неравномерности износа тормозных механизмов: для легковых АТС характерна большая интенсивность изнашивания элементов тормозных систем передней оси; у грузовых автомобилей – задней, наиболее нагруженной. При этом, например, для автомобилей КАМАЗ, технической экспертизой состояния деталей тормозных механизмов среднего и заднего ведущих мостов установлено, что износ тормозных накладок среднего моста превышает износ накладок заднего моста на 10-15%.

Для большинства (свыше 75%) АТС тормозные фрикционные накладки у правых колёс одной оси имеют больший на 5 - 10% износ, чем у колес, расположенных слева.

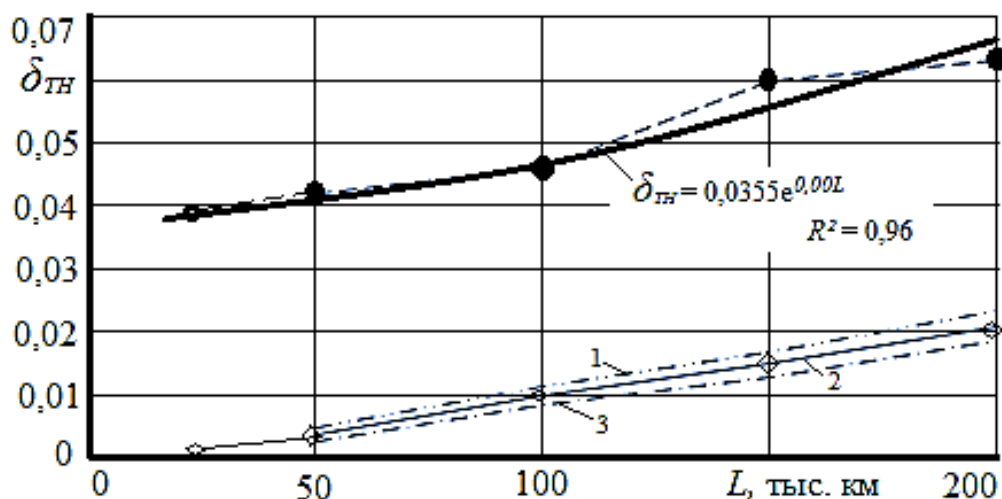
Исследования износа одноименных тормозных накладок (колодок) в дисковой тормозной системе автомобилей ВАЗ с пробегами до 200 тыс. км показали две разновидности неравномерности изменения технического состояния её элементов. Во-первых, в зависимости от места расположения накладки в тормозных суппортах с плавающей скобой относительно тормозного диска (внутренняя или внешняя). Поскольку тормозной цилиндр имеется только с внутренней стороны диска, то при торможении АТС тормозной диск контактирует с внутренней колодкой с большим усилием, а затем – с внешней, поджимаемой суппортом. Эти различия приводят к неравномерности износа элементов торможения: с внутренней стороны износ тормозного диска в 1,3 раза, а внутренней фрикционной накладки тормозной

колодки в 1,1...1,15 раза больше, чем с внешней (см. таблицу 1).

Экспериментальными исследованиями также установлено, что разность износа фрикционного слоя по контактируемой площади тормозных колодок достигает 20%, а по радиальной толщине тормозных дисков – до 10%; с большими по величине износами с правой стороны. Как следует из рисунка 1, как по радиальной высоте, так и внутри одного диаметра тормозного диска с ростом пробега автомобиля значение коэффициента  $\delta_{TH}$  увеличивается по экспоненциальной зависимости.

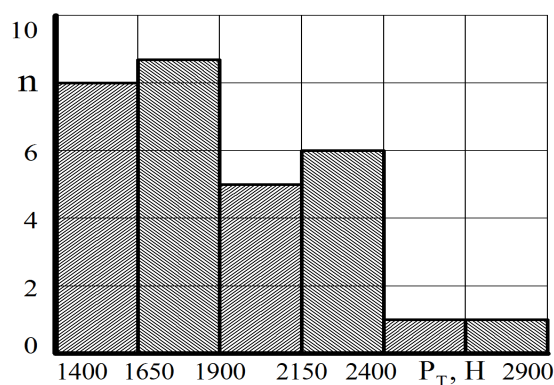
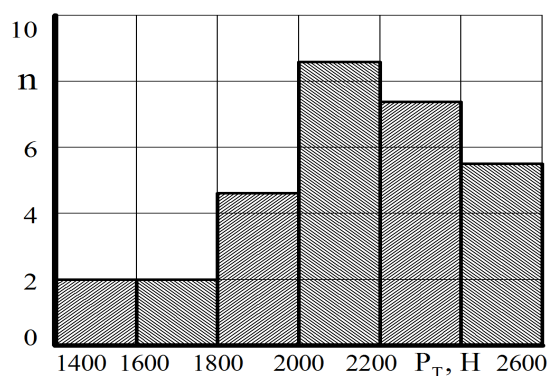
**Таблица 1 – Неравномерность износа тормозных накладок на колёсах передней оси автомобилей ВАЗ**

Модель автомобиля, пробег $l$	Расположение тормозных колодок	Толщина фрикционного слоя накладок, мм	
		Минимальная (правое/левое колесо)	Максимальная (правое/левое колесо)
ВАЗ - 2110, $l = 5,8$ тыс. км	Внешняя	9,2 / 8,4	9,8 / 9,3
	Внутренняя	10,0 / 9,9	11,1 / 11,0
ВАЗ - 21102, $l = 15$ тыс. км	Внешняя	3,0 / 2,9	4,8 / 4,6
	Внутренняя	3,8 / 3,5	5,0 / 4,6

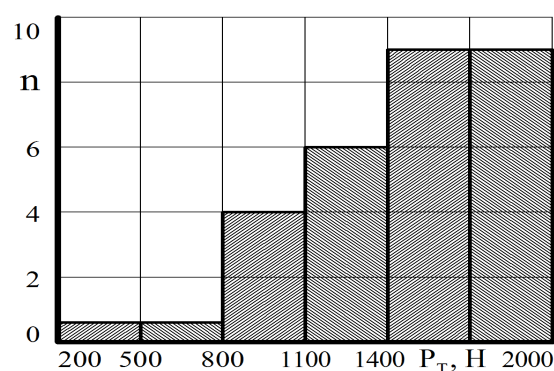
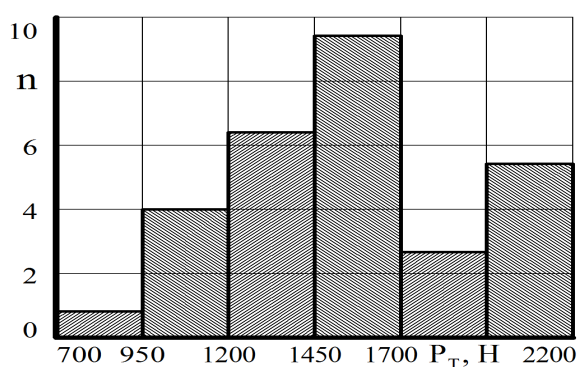


**Рисунок 1. Зависимость коэффициента  $\delta_{TH}$  неравномерности износа тормозных дисков по радиальной высоте АТС ВАЗ от пробега  $L$ : 1, 2, 3 – соответственно на расстоянии 10, 20 и 30 см от края диска**

Некоторые показатели неравномерности эффективности торможения по колёсам одной оси, при испытании многочисленной группы автомобилям ВАЗ приведены на рисунках 2 и 3.



**Рисунок 2. Неравномерность распределения показателей тормозных сил  $P_T$  на левом и правом колёсах передней оси автомобилей ВАЗ (норматив  $P_T=1250$  Н)**



**Рисунок 3. Неравномерность распределения показателей тормозных сил  $P_T$  на левом и правом колёсах задней оси автомобилей ВАЗ (норматив  $P_T=1200$  Н)**

### **Заключение.**

По результатам математической обработки статистических результатов, в том числе, отображенных на рисунках 2 и 3 установлено:

- у половины исследуемых автомобилей один-два показателя эффективности торможения выходит за пределы допустимых значений;
- показатели изнашивания тормозных механизмов и эффективности торможения по правым и левым колёсам одной оси отличаются на 5% и более, например, среднее значение тормозной силы  $P_T$  на левом колесе передней оси превышает значение этого показателя на правом колесе на 9% (рисунок 2);
- наибольший размах значений коэффициента неравномерности тормозных сил колёс задней оси.

Полученные данные использованы для обоснования необходимости создания встроенных средств диагностирования технического состояния тормозной системы АТС, которая учитывала неравномерность изменения показателей эффективности торможения отдельных колёс автомобилей на одной оси в процессе эксплуатации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Болдин А.П. Надёжность и техническая диагностика подвижного состава автомобильного транспорта: теоретические основы / А.П. Болдин, В.И. Сарбаев – М.: Изд-во МАДИ, 2010. – 206 с.
2. Гребенников С.А. Совершенствование видов сервиса на автомобильном транспорте / Гребенников С.А., Басков В.Н., Гребенников А.С., Киселев Г.О., Рогожин А.В. // Актуальные вопросы организации автомобильных перевозок, безопасности движения и эксплуатации транспортных средств. Сборник научных трудов по материалам XVII международной научно-технической конференции. – Саратов: Издательство СГТУ, 2022. – С. 175-183.
3. ГОСТ Р 33997-2016. Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки – М.: Стандартиформ, 2018.–108 с.

## REFERENCES

1. Boldin A.P. Reliability and technical diagnostics of rolling stock of motor transport: theoretical foundations / A.P. Boldin, V.I. Sarbaev – M.: Publishing house of MADI, 2010. – 206 p.
2. Grebennikov S.A. Improvement of types of service in motor transport / Grebennikov S.A., Baskov V.N., Grebennikov A.S., Kiselev G.O., Rogozhin A.V. // Actual issues of the organization of motor transport, traffic safety and vehicle operation. Collection of scientific papers based on the materials of the XVII International Scientific and Technical Conference. – Saratov: SSTU Publishing House, 2022. – Pp. 175-183.
3. GOST R 33997-2016. Wheeled vehicles. Safety requirements and inspection methods – Moscow: Standartinform, 2018. – 108 p.

## РАЗРАБОТКА ПРИБОРА ДЛЯ ПРОВЕРКИ ФОРСУНОК ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

*И.Ю. Куверин, А.Н. Скляров, А.А. Борисов, А.С. Гусев*

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

**Аннотация.** В статье рассматривается актуальная проблема диагностики форсунок дизельных двигателей, в частности, сложность и низкая надежность существующих устройств для их проверки в условиях станций технического обслуживания и малых мастерских. Представлена разработка универсального прибора для проверки механических форсунок, отличающегося простотой конструкции и ремонтпригодностью за счет использования стандартной плунжерной пары от топливного насоса высокого давления. Описаны назначение, область применения, технические характеристики и конструкция предложенного стенда. Приведены основные проверяемые параметры форсунок: герметичность, давление начала подъема иглы, качество и конус распыления. Сделан вывод о перспективности использования разработанного прибора в практике эксплуатации и ремонта дизельных двигателей.

**Ключевые слова:** дизельный двигатель, топливная форсунка, диагностика, стенд для проверки, плунжерная пара, давление впрыска, качество распыла, разработка оборудования, СТО.

Original article

## DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR CHECKING DIESEL ENGINE INJECTORS

*I.Y. Kuverin, A.N. Sklyarov, A.A. Borisov, A.S. Gusev*

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russia

**Abstract.** The article deals with the actual problem of diagnostics of diesel engine injectors, in particular, the complexity and low reliability of existing devices for their inspection in the conditions of service stations and small workshops. The paper presents the development of a universal device for checking mechanical injectors, characterised by simplicity of construction and maintainability due to the use of a standard plunger pair from a high-pressure fuel pump. The purpose, scope of application, technical characteristics and design of the proposed stand are described. The main tested parameters of injectors are given: tightness, pressure of the needle lifting start, quality and cone of atomisation. The conclusion is made about the prospects of using the developed device in the practice of operation and repair of diesel engines.

**Keywords:** diesel engine, fuel injector, diagnostics, test bench, plunger pair, injection pressure, atomisation quality, equipment development, service station.

### **Введение.**

Эффективность работы дизельного двигателя, его мощностные характеристики, экономичность и экологические показатели в значительной степени определяются состоянием топливной аппаратуры, и в первую очередь – форсунок. Качество распыления топлива и своевременность его впрыска напрямую влияют на процесс сгорания, а следовательно, на общую производительность автотранспортного средства. Существующие на рынке устройства для диагностики механических форсунок дизелей зачастую характеризуются высокой конструктивной сложностью, что ведет к их удорожанию, снижению общей надежности и затрудняет их изготовление или ремонт в условиях небольших автосервисов или механических мастерских. В этой связи возникает необходимость в разработке простого, надежного и доступного для широкого круга пользователей прибора, способного обеспечить качественную проверку основных параметров форсунок. В связи с этим данная статья посвящена такой разработке – универсальному устройству, которое лишено указанных выше недостатков. Принципиальным отличием предложенного прибора от аналогов является применение в его конструкции плунжерной пары, заимствованной от серийного топливного насоса высокого давления (ТНВД). Такое решение позволяет существенно упростить процесс изготовления прибора, снизить его себестоимость, а также облегчить последующий ремонт и обслуживание за счет доступности запасных частей.

### **Методика исследований.**

Исследование проводилось в несколько этапов.

На первом этапе был выполнен анализ существующих конструкций приборов для проверки форсунок дизельных двигателей, выявлены их достоинства и недостатки. На основе проведенного анализа были сформулированы требования к разрабатываемому прибору.

На втором этапе была разработана конструкция прибора, определены его основные элементы и принцип работы. Особое внимание уделялось использованию плунжерной пары от топливного насоса как ключевого элемента, обеспечивающего простоту изготовления и ремонта прибора.

На третьем этапе были определены технические характеристики прибора и проведены прочностные расчеты основных деталей. Расчеты выполнялись для рычага и оси прибора. Рычаг рассчитывался на изгиб, а ось рычага - на срез и смятие.

На четвертом этапе были разработаны рекомендации по подготовке к работе и эксплуатации прибора, включая требования по технике безопасности.

### **Результаты исследований.**

Разработанное диагностическое устройство предназначено для комплексной оценки технического состояния, восстановления и регулировки форсунок дизельных силовых агрегатов легковых и грузовых транспортных

средств. Устройство обеспечивает диагностику и настройку форсунок по следующим параметрам:

- герметичность соединительных элементов;
- давление активации распылителя;
- качественные характеристики распыления топлива;
- геометрические параметры топливного факела.

Устройство может эффективно использоваться в условиях технических сервисных центров, ремонтных мастерских и автотранспортных предприятий различного масштаба.

Разработанный диагностический прибор функционирует в стандартных условиях эксплуатации и не требует специального заземления. Основные технические параметры устройства представлены в таблице 1.

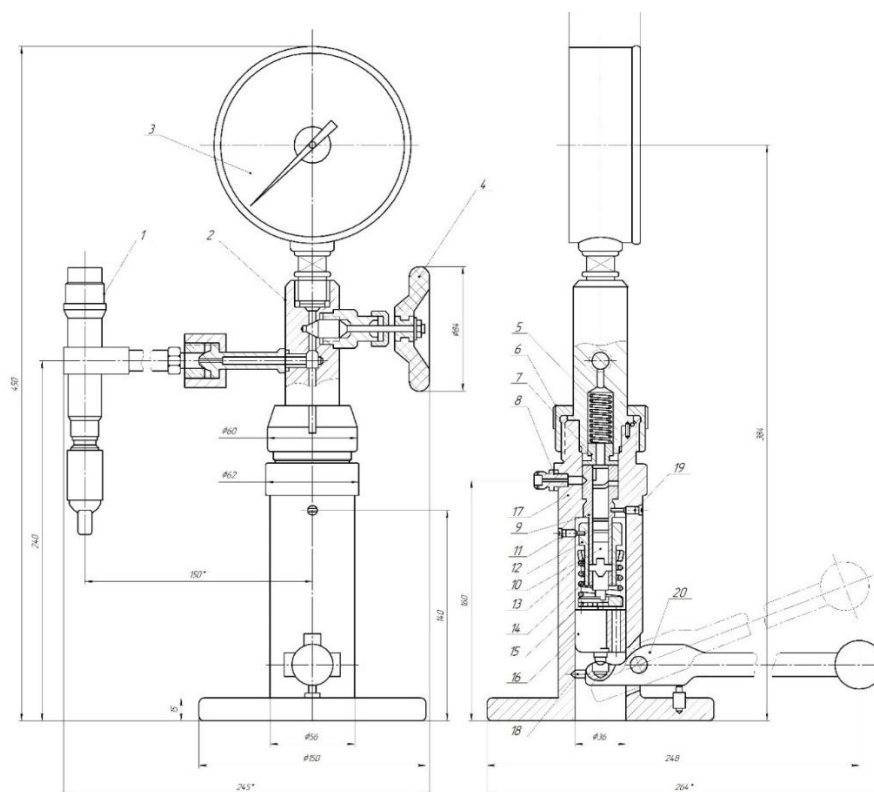
**Таблица 1 – Техническая характеристика прибора  
для проверки форсунок дизельного двигателя**

№ п/п	Наименование параметра	Характеристика параметра
1	Тип стенда	стационарный
2	Привод	ручной
3	Контрольное давление в системе, МПа	5...35
4	Показатели проверки форсунок:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• герметичность соединений;</li> <li>• давление начала подъема иглы;</li> <li>• качество распыления топлива;</li> <li>• конус распыления топлива.</li> </ul>
5	Способы контроля: - герметичность соединений; - давление начала подъема головки; - качество распыления топлива; - конус распыления топлива.	визуально и по секундомеру по манометру визуально по диаметру пятна топлива
6	Диапазон шкалы манометра, МПа	0...40 МПа



7	Цена распределительной шкалы манометра, МПа	5 МПа
8	Габариты, мм: - длина - ширина - высота	500 530 1435

Прибор, представленный на рисунке 1, сконструирован для диагностики форсунок дизельных двигателей по параметрам давления начала подъема иглы (для механических форсунок) и качества распыления топлива (применимо для всех типов форсунок, включая электронные, при условии их демонтажа и отсутствия необходимости в электронном управлении для проверки самого распыла).



**Рисунок 1. Прибор для проверки форсунок дизельного двигателя: 1 – форсунка (тестируемая); 2 – стойка; 3 – манометр; 4 – запорный вентиль; 5 – пружина клапана; 6 – гайка; 7 – нагнетательный клапан; 8 – штуцер; 9 – втулка плунжера; 10 – плунжер; 11 – стопорный винт; 12 – втулка (корпус плунжерной пары); 13 – верхняя тарелка пружины плунжера; 14 – пружина плунжера; 15 – нижняя тарелка пружины плунжера; 16 – направляющая плунжера; 17 – корпус прибора; 18 – стопорное кольцо; 19 – стопорный винт; 20 – рычаг**

### **Результаты исследований.**

Основным узлом конструкции является корпус 17, внутри которого размещены ключевые компоненты: плунжерная пара (состоящая из втулки 12, плунжера 10, верхней и нижней тарелок 13 и 15, направляющей 16 и возвратной пружины 14 и нагнетательный клапан 7 с пружиной 5. Эти элементы, совместно со стойками 2 и гайками 6, отвечают за создание высокого давления и подачу топлива к установленной для диагностики форсунке 1. Перемещение плунжера 10 для создания давления осуществляется вручную посредством рычага 20. К вспомогательным, но важным элементам относятся запорный вентиль 4, позволяющий отключать манометр 3 от системы (например, при проверке качества распыла, когда контроль точного давления не первостепенен или для защиты манометра), сам манометр 3 для контроля давления, стопорные винты 11 и 19 для фиксации элементов и штуцер 8 для подсоединения топливопровода к форсунке.

Прибор позволяет проверять давление начала подъема иглы форсунки путем медленного повышения давления рычагом 20 и фиксации показаний манометра 3 в момент впрыска. Регулировка осуществляется изменением натяжения пружины иглы. Качество распыливания топлива проверяется после регулировки давления. При закрытом вентиле 4 манометра производятся резкие впрыски, затем, при 50-60 качаниях рычага в минуту, визуально оценивается характер распыла (туманообразное состояние, равномерность, угол конуса, отсутствие подтеканий, характерный звук отсечки).

Расчеты показали, что выбранные материалы и размеры элементов обеспечивают достаточный запас прочности. Усилие на плунжере  $P \approx 2010,6 \text{ Н}$ . Усилие на рукояти рычага  $Q \approx 183,8 \text{ Н}$ .

Принятый диаметр рычага  $dp = 10 \text{ мм}$  и диаметр оси рычага  $do = 10 \text{ мм}$  удовлетворяют условиям прочности на изгиб и срез соответственно.

Напряжение смятия на участке "ось-рычаг" и "ось-опора" ( $\sigma_{см} = 27,42 \text{ МПа}$ ) значительно ниже допустимого ( $[\sigma_{см}] = 342 \text{ МПа}$ ). Вывод по результатам расчетов: конструкция обеспечивает выполнение требований по технике безопасности при диагностике форсунок.

Работа на стенде требует соблюдения мер безопасности: использование спецодежды, ознакомление с инструкцией, проверка форсунок без механических повреждений, недопущение превышения максимального давления. Запрещается работа при подтеканиях топлива, снятом защитном кожухе, в состоянии опьянения.

### **Заключение.**

На основе проведенных исследований и разработок можно сделать следующие выводы:

Разработан универсальный прибор для проверки механических форсунок дизельных двигателей, отличающийся простотой конструкции и использованием стандартной плунжерной пары от ТНВД.

Прибор позволяет проводить диагностику по основным эксплуатационным параметрам: герметичности, давлению начала подъема иглы, качеству и конусу распыления топлива.

Расчеты на прочность ключевых элементов конструкции (рычага и оси) подтвердили их достаточную надежность и безопасность при эксплуатации в заданном диапазоне давлений.

Предложенная конструкция стенда не требует энергоемких и сложных операций при изготовлении, что делает его доступным для СТО и малых механических мастерских, а также прост в эксплуатации. Разработанный прибор может быть рекомендован для внедрения в практику предприятий, занимающихся ремонтом и обслуживанием дизельной топливной аппаратуры.

## ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА И ЕЕ ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

*И.А. Серебряков<sup>1</sup>, А.Д. Щурок<sup>2</sup>, Н.Г. Серебрякова<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь

<sup>2</sup>Учреждение образования «Национальный детский технопарк»,  
г. Минск, Беларусь

<sup>3</sup>УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Беларусь

**Аннотация.** Бурный рост продаж электромобилей, а также широкое использование транспортных и технологических машин на электротяге приводят нас к огромному количеству эксплуатируемых батарей, в основном литий-ионных. В статье описаны основные способы оценки состояния батарей, а также приводится собственная методика, позволяющая с небольшими трудозатратами оценивать их состояние и прогнозировать их дальнейший режим эксплуатации.

**Ключевые слова:** аккумуляторная батарея, электрическая емкость, энергозапас, State of Health.

Original article

## ASSESSMENT OF THE STATE OF BATTERIES OF ELECTRIC TRANSPORT AND ITS PRACTICAL IMPLEMENTATION

*I.A. Serebryakov<sup>1</sup>, A.D. Schurok<sup>2</sup>, N.G. Serebryakova<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Belorussian National Technical University, Minsk, Belarus

<sup>2</sup>National Children's Technopark, Minsk, Belarus

<sup>3</sup>Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Belarus

**Abstract.** The rapid growth of sales of electric vehicles, as well as the widespread use of transport and technological machines on electric traction, lead us to a huge number of batteries in operation, mainly lithium-ion ones. The article describes the main methods for assessing the condition of batteries, and also provides its own methodology, which allows with little labor costs to assess their condition and predict their further operating mode

**Keywords:** battery, electrical capacity, energy reserve, State of Health.

### **Введение.**

Аккумуляторные батареи широко применяются в транспортных средствах и технологических машинах как в роли основных источников

электрической энергии, так и для вспомогательных функций. Анализ их состояния – важная задача, особенно когда они выступают в роли основного источника энергии для движения, ведь их емкость велика, и стоимость, соответственно, тоже. Оценка состояния батарей важна с точки зрения эксплуатационных показателей, а также для прогнозирования потенциальных расходов в будущем. В данной статье рассмотрены теоретические аспекты, касающиеся оценки состояния батарей, и описаны практические методы по её осуществлению.

#### **Методика исследований.**

Для анализа состояния литий-ионных аккумуляторов введен численный показатель, называемый State of Health (SOH). Единицами измерения SOH являются проценты. SOH полностью исправного и заряженного аккумулятора составляет 100% в начале срока его службы. С течением времени, в зависимости от условий работы, SOH постепенно падает. Параметр SOH является условной величиной. Рассмотрим способы его определения.

Первый способ основан на измерении внутреннего сопротивления (импеданса), с которым сталкивается электрический ток внутри батареи. Его изменение с течением времени указывает на динамику старения батареи. По мере старения батарей внутреннее сопротивление имеет тенденцию к увеличению из-за сложных факторов, таких как химические преобразования, механический износ и деградация электродов. Общепринятым [1] является определение *SOH* следующим образом:

$$SOH = \frac{R_t - R_0}{R_{eol} - R_0} \cdot 100 \%$$

где  $R_0$  - начальное сопротивление новой батареи;  $R_t$  - сопротивление в определенный период времени  $t$ ;  $R_{eol}$  - сопротивление в конце срока службы батареи.

Второй способ основан на измерении электрической емкости. Как известно, под электрической емкостью понимают количество электричества (количество элементарных зарядов), которое способен отдать аккумулятор. Уменьшение емкости – это явление, при котором доступная электрическая емкость постепенно снижается с течением времени и повторяющимися циклами заряда-разряда. Эта деградация происходит из-за различных электрохимических процессов внутри батареи, что приводит к снижению способности хранить и отдавать указанное количество энергии. При емкостном методе *SOH* обычно определяют, как отношение текущей емкости к номинальной [2]:

$$SOH = \frac{C_t}{C_0} \cdot 100 \%$$

где  $C_0$  - номинальная емкость новой батареи;  $C_t$  - емкость аккумулятора в определенный момент времени  $t$ .

Как показывает практика, наиболее значимыми факторами снижения емкости являются температура окружающей среды, средняя сила потребляемого тока, а также степень действительного износа батареи

(траектория старения) [3]. В автомобильной промышленности SOH для новой батареи устанавливается равным 100% и будет постепенно уменьшаться. Как только SOH падает ниже 80%, аккумуляторная батарея электромобиля считается непригодной для дальнейшей эксплуатации и рекомендуется ей дальнейшее использование для других целей, таких как системы хранения энергии и т.п.

Хотя емкость аккумулятора и внутреннее сопротивление широко используются для определения показателя SOH, точное определение этих величин выполнить затруднительно, ведь нужно провести полный цикл заряда и разряда, желательно с постоянной силой тока [4]. Таким образом, емкость и внутреннее сопротивление нельзя достоверно определить в режиме их эксплуатации. Вместо этого ученые предложили, что время падения постоянного тока (CCDT), емкость падения постоянного тока (CCDC) и максимальная скорость падения постоянного тока (MCCDR) на этапе зарядки при постоянном напряжении могут использоваться в качестве индикаторов состояния для косвенной количественной оценки процесса деградации аккумулятора [5].

Предлагаемая методика оценки состояния батареи на практике реализуется следующим образом. Во-первых, измеряется зарядная емкость батареи. Это делается с использованием зарядного устройства собственной разработки [6] Зарядное устройство выполнено на основе трансформатора и тиристорного преобразователя. Также оно включает в себя счетчик электрической энергии. С помощью счетчика выполняется первый этап оценки: измеряется количество затраченной на зарядку батареи электроэнергии. Зарядное устройство, как и любой преобразователь, имеет КПД менее 100%, при работе его элементы нагреваются и происходит потеря некоторой части энергии в теплоту. Следующим этапом было измерение поступившей в АКБ электрической энергии. Вручную это можно сделать, измеряя силу зарядного тока и напряжение заряда через небольшие временные интервалы (чем меньше – тем точнее), однако наша батарейная сборка оснащена системой управления BMS JiKong B2A24S12P со встроенной функцией измерения электрической емкости. Показания BMS были верифицированы и в дальнейшем использованы для расчетов. Далее необходимо оценить разрядную емкость, которая и будет являться наиболее объективным показателем остаточного ресурса батареи. Для этого батарею можно разрядить на стенде, рассеяв энергию в тепло, либо в режиме эксплуатации. Первый способ удобен для расчета, ведь разряд можно провести во всём диапазоне напряжений и при постоянном токе, но неудобен на практике. Второй способ, напротив – менее удобен для расчетов, но на практике реализуется проще.

#### **Результаты исследований.**

Измерения проводились на батарейной сборке, состоящей из 12 элементов от Nissan Leaf. КПД зарядного устройства составил 92%. Для его повышения необходимо применять трансформатор, максимально подходящий по выходному напряжению. КПД процесса заряда составил 88%, т.е. батарея

отдала 88% от принятой в себя электроэнергии. Разрядная емкость составила 17,4 Ач при номинальном заводском значении 62 Ач, таким образом SOH в разрезе емкости получился равным 28%. Безусловно, это низкий показатель, связанный с возрастом ячеек батареи (13 лет) и, вероятно, их эксплуатацией.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dai, H.; Wei, X.; Sun, Z. A new SOH prediction concept for the power lithium-ion battery used on HEVs. In Proceedings of the Vehicle Power and Propulsion Conference, VPPC'09, Dearborn, MI, USA, 7–11 September 2009; pp. 1649–1653.
2. Che, Y.H.; Deng, Z.W.; Lin, X.K.; Hu, L.; Hu, X.S. Predictive Battery health management with transfer learning and online model correction. IEEE Trans. Veh. Technol. 2021, 70, pp. 1269–1277.
3. Rezvanizani, S.M.; Liu, Z.C.; Chen, Y.; Lee, J. Review and recent advances in battery health monitoring and prognostics technologies for electric vehicle (EV) safety and mobility. J. Power Sources 2014, 256, pp. 110–124
4. Xie, W.; Ma, L.; Zhang, S.; Jiao, D.; Ma, J. Predicting the State of Power of an Iron-Based Li-Ion Battery Pack Including the Constraint of Maximum Operating Temperature. Electronics 2020, 9, p. 1737
5. Tang, X.; Liu, K.; Liu, Q.; Peng, Q.; Gao, F. Comprehensive study and improvement of experimental methods for obtaining referenced battery state-of-power. J. Power Sources 2021, 512, p. 462
6. Разработка зарядного устройства для студенческого электромобиля / И.А. Серебряков, А.Д. Щурок, И. В. Горнак // EurasiaScience : сборник статей LXIX международной научно-практической конференции / «Научно-издательский центр «Актуальность.РФ». – Москва, 2025. – 420 с. – С. 113-114.

## REFERENCES

- 1-5. The same
6. Development of a charger for an electric car student project / Serebryakov I.A., Harnak I.V., Schurok A.D., // EurasiaScience : collection of articles from the LXIX international scientific and practical conference / "Scientific Publishing Center" Actuality.RF". - Moscow, 2025. - 420 p. - pp. 113-114.

## ВЫБОР ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСНОГО АГРЕГАТА

*В.В. Венскийтис, С.А. Якубалиев., А.В. Мигولاتьев*

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

**Аннотация.** В статье приводится обоснование необходимости диагностического обеспечения насосных агрегатов применяемых на оросительных станциях АПК. Показано, что перевод насосных агрегатов на обслуживание и ремонт по фактическому состоянию обеспечит сокращение эксплуатационных затрат и уменьшит время их восстановления. Для перехода на перспективную стратегию обслуживания и ремонта оборудования насосных станций в АПК по фактическому состоянию необходимо решить ряд задач диагностического обеспечения изделий. Установлено, что эффективным диагностическим параметром для контроля центробежных насосов служит общий уровень вибрации, измеряемый на корпусах подшипников. Измерение которого позволило определить техническое состояние объекта диагностирования и принять вовремя решение о приостановлении эксплуатации насоса для его восстановления.

**Ключевые слова:** центробежный насосный агрегат, диагностический параметр, техническое состояние объекта диагностирования, уровень вибрации.

*V.V. Venskaitis, S.A. Yakubaliev., A.V. Migolatyev*

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

## SELECTING A DIAGNOSTIC PARAMETER TO ASSESS THE TECHNICAL CONDITION OF A CENTRIFUGAL PUMP UNIT

**Abstract.** This article presents a rationale for the need for diagnostic support for pumping units used at irrigation stations in the agricultural sector. It is shown that switching pumping units to condition-based maintenance and repair will reduce operating costs and shorten their recovery time. To transition to a promising strategy of condition-based maintenance and repair for pumping station equipment in the agricultural sector, it is necessary to address a number of diagnostic support issues. It has been established that the overall vibration level, measured on the bearing housings, is an effective diagnostic parameter for monitoring centrifugal pumps. This



measurement allowed us to determine the technical condition of the pump under test and make a timely decision about suspending pump operation for repairs.

**Keywords:** centrifugal pump unit, diagnostic parameter, technical condition of the pump under test, vibration level.

### **Введение.**

Центробежные насосные агрегаты (ЦНА) представляют один из наиболее распространенных типов гидромеханического оборудования стационарных, плавучих и передвижных насосных станций эксплуатируемых в агропромышленном комплексе (АПК). Эффективность эксплуатации ЦНА в сельскохозяйственном производстве во многом определяется принятой стратегией технического обслуживания и ремонта. В настоящее время большинство организаций АПК применяют морально устаревшую и затратную стратегию планово-предупредительных технических обслуживаний и ремонтов. При использовании этой стратегии организация несет прямые затраты средств, связанные с проведением ремонтов по графику, в которых нет необходимости, с частым ухудшением качества функционирования агрегата после выполнения работ. Данная стратегия не позволяет полностью избежать внезапных отказов оборудования в межремонтный период, приводящих к значительным экономическим потерям.

Перевод гидромеханического оборудования на обслуживание и ремонт по фактическому состоянию обеспечивает значительное (более чем в 1,5 раза) сокращение затрат на эксплуатацию, за счет строгого соответствия объема и характера требуемых ремонтных работ в определенный момент времени, степени развития дефекта механизма и его узлов [3]. Реализация стратегии обслуживания и ремонта по фактическому состоянию требует точной и достоверной оценки технического состояния эксплуатируемого оборудования. Такая оценка позволит прогнозировать динамику состояния насосного агрегата, и подготовить запасные части и материалы для проведения ремонта. Определить техническое состояние ЦНА с требуемой точностью, возможно только при наличии эффективных методов и средств диагностирования. Однако, необходимые инструментальные методы и средства диагностирования ЦНА в организациях АПК отсутствуют, что приводит к ошибкам при контроле состояния агрегатов. Вместе с этим, неверный диагноз сопровождается значительными эксплуатационными затратами вследствие ремонта еще работоспособных узлов, или из-за устранения аварийных повреждений в случае пропуска дефекта. Большинство существующих экспертных систем диагностики роторных механизмов обладают, как правило, не достаточно высокой, степенью достоверности обнаружения дефектов, высокой стоимостью и требуют адаптации к конкретным производственным условиям [3].

Одной из основных задач диагностического обеспечения изделий является выбор номенклатуры диагностических параметров (ДП), их характеристик (номинальные и допустимые значения, точки ввода, точки контроля и т.д.) и признаков дефектов. Диагностические параметры должны

обладать следующими свойствами: полнотой контроля; высокой достоверностью; точностью; информативностью; чувствительностью. От правильности выбора одного или совокупности ДП зависит эффективность процесса диагностирования. С ростом сложности технической системы, количество ДП увеличивается. Контролировать все параметры объекта диагностирования (ОД) или невозможно, вследствие низкой контролепригодности, или нецелесообразно в связи с затратами времени и средств, которые не всегда окупаются. Учитывая эти обстоятельства при разработке системы технического диагностирования, в первую очередь следует решать задачи правильного выбора и минимизации числа ДП. Так как каждый из применяемых ДП обладает различной информативной ценностью, то возникает задача оценки информативности, как отдельных ДП, так и их возможных комбинаций. Теоретической основой решения задачи постановки достоверного и обоснованного диагноза о техническом состоянии ОД являются статистические методы распознавания.

Анализ литературных источников распределения причин отказов ЦНА показал, что 38–45% ЦН теряют работоспособность вследствие повышенной вибрации, основной причиной которой является несоосность валов. Повышенная вибрация сказывается на техническом состоянии торцевых уплотнений и подшипников качения. Отказы этих узлов составляют 42–53 % от всех отказов ЦН. Изнашивание деталей ЦН взаимосвязано с его вибрацией. С одной стороны, вибрация ЦН определяется износом конструктивных элементов агрегата и характеризует их техническое состояние, а с другой – вызывает дополнительные нагрузки на элементы и их ускоренный износ [2].

Для оценки технического состояния роторных машин, в том числе и ЦН широко применяется виброакустический метод, характеризующийся высокой информативностью, достоверностью, точностью, чувствительностью к дефектам, а также возможностью автоматизации процессов измерения и обработки информации [3, 4, 5].

Для оценки технического состояния центробежных насосов (ЦН) эксплуатируемых на предприятиях различных отраслей экономики применяют параметры эффективности и диагностические параметры. К параметрам первой группы относятся: расход жидкости, напор, мощность, КПД, коэффициент мощности. Из группы диагностических параметров чаще других используют общий уровень вибрации в контрольных точках ЦН; уровень ударных импульсов; шумовые характеристики (в соответствии с требованиями нормативных документов на насосные агрегаты конкретных типов); температуру незащищенных открытых поверхностей насоса, корпусов подшипников; износ корпуса (уменьшение толщины корпуса); износ рабочего колеса (контроль эндоскопом) [4].

В связи с выше изложенным реализация методов технической диагностики ЦНА в процессе эксплуатации является важной производственной задачей.

### Методика исследований.

Для изучения диагностических признаков и количественных характеристик ДП проведено экспериментальное исследование, основными этапами которого являются компоновка измерительной системы, оценка оптимального объема измерений, изучение правил выполнения измерений, сбор диагностической информации и статистическая обработка данных.

ОД служил горизонтальный центробежный насос 1K100-65-200-с УЗ.1 ТУ3631-096-05747979-97 работающий в составе ЦНА насосной станции функционирующей в обычном режиме определяемом, частотой вращения, напряжением питания, скоростью потока, давлением и нагрузкой. Основные технические характеристики насоса указаны в таблице 1.

**Таблица 1 – Показатели назначения и технической эффективности насоса Н49.956.01.00.000**

Наименование показателя	Типоразмер насоса
	1K100-65-200-с
Подача насоса, м <sup>3</sup> /ч	100
Напор, м	50
Давление на входе в насос, МПа	0,6
Максимальная мощность насоса, кВт,	24,5
Частота вращения, с <sup>-1</sup> (об/мин)	48 (2900)
КПД	0,7
Масса, кг	78

Измерительная система состояла из первичного преобразователя сигнала ВС 202, усилителя ZET 410, модуля АЦП ЦАП ZET 210, ноутбука. Крепление первичного преобразователя в контрольных точках ЦН осуществлялось специальным магнитом развивающим усилие на отрыв 60 Н. Запись сигнала и его обработку проводили с помощью специального программного обеспечения ZetLab. В ходе испытаний измеряли среднеквадратическое значение виброускорения  $a_{r.m.s.}$ , в диапазоне частот от 10 до 1000 Гц на корпусах подшипников в двух ортогональных радиальных направлениях. Для оценки вибрационного состояния ЦН осуществляли переход от измеренных значений  $a_{r.m.s.}$  к значениям виброскорости  $V_{r.m.s.}$ , выполняя операцию интегрирования.

Измерения вибрации проводили в установившемся режиме работы ЦН, при номинальных значениях подачи и высоты всасывания, а также при частоте

вращения ротора в пределах рекомендуемого рабочего диапазона частот. Контроль параметров режима работы ЦН проводили с помощью штатных приборов НС.

### Результаты исследований.

Оценивание вибрационного состояния ЦН по результатам измерения на невращающихся частях проводили по абсолютному значению контролируемого параметра. Анализ данных таблицы 2 показывает, что измеренное среднее квадратическое значение скорости характеризующее общий уровень вибрации увеличилось с 5,4 мм/с до 9,7 мм/с, то есть на 80%. Виброактивность ЦН монотонно возрастает и достигает уровня зоны *D*. В соответствии с ГОСТ Р 55265.7–2012 насосы, значение вибрации которых находится в зоне *D* непригодны для применения по назначению. Достижение контролируемым параметром вибрации порогового уровня ОСТАНОВ зоны *D* свидетельствует, что дальнейшая работа насоса может привести к его серьезному повреждению. Уровень ОСТАНОВ обычно связывают с сохранением механической целостности насоса [6].

**Таблица 2 – Результаты контроля вибрационного состояния центробежного насоса К100-65-200-с**

Номер измерения	Среднее квадратическое значение скорости, мм/с		Зона вибрационного состояния по ГОСТ Р 55265.7–2012	Пороговый уровень вибрации
	Измеренное	Нормативное		
1	5,4	≤ 8,5	C	Предупреждение
2	5,9	≤ 8,5	C	Предупреждение
3	6,7	≤ 8,5	C	Предупреждение
4	8,0	≤ 8,5	C	Предупреждение
5	9,7	≥ 8,5	D	Останов

### Заключение.

Таким образом, периодические измерения общего уровня вибрации ЦН на корпусах его подшипников позволили определить техническое состояние ОД. Уровень виброскорости  $v_{r.m.s.}$ , равный 9,7 мм/с указывает на развитый дефект, который при дальнейшем применении насоса может привести к аварии. Поставленный диагноз требует принятия решения о приостановлении эксплуатации насоса и его восстановлении.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гареев, Р.Р. Совершенствование методов оценки технического состояния насосного и вентиляционного оборудования на установках комплексной подготовки газа : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.02.13 / Гареев Рустэм Рашитовнч. – Уфа, 2014. – 24 с.
2. Баженов, В.В. Определение КПД для оценки эффективности эксплуатации насосных агрегатов НПС // Проблемы строительного комплекса России: Материалы VII международной научно-технической конференции // УГНТУ. Уфа: изд. УГНТУ, 2003.
3. Золотов, А.В. Анализ методов диагностирования центробежных насосов / А.В. Золотов, В.П. Коваленко, В.Е. Юрин, Е.В. Слепова // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2017. – № 6. – С.46–50.
4. Ямалиев, В.У. Определение технического состояния динамического оборудования по результатам диагностических измерений / В.У. Ямалиев, Р.Р. Гареев // Нефтегазовое дело. – 2012. – т.10. – №3. – С. 78–82.
5. Костюков В.Н. Формирование вектора диагностических признаков на основе характеристической функции виброакустического сигнала / В.Н. Костюков, А.П. Наumenко, С.Н. Бойченко, И.С. Кудрявцева // Контроль. Диагностика. – 2016. – №8. – С. 22–29.
6. ГОСТ Р 55265.7–2012. Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Ч.7. Насосы динамические промышленные. – Введ. 2013–12–01. – М.: Стандартиформ, 2014. – 19 с.

## REFERENCES

1. Gareev, R.R. Improving Methods for Assessing the Technical Condition of Pumping and Ventilation Equipment at Complex Gas Treatment Units: Abstract of Cand. Sci. (Eng.): 05.02.13 / Gareev, Rustem Rashitovnch. – Ufa, 2014. – 24 p.
2. Bazhenov, V.V. Determining the Efficiency for Assessing the Operating Efficiency of Pumping Units at Oil Treatment Plants // Problems of the Construction Complex of Russia: Proceedings of the VII International Scientific and Technical Conference // Ufa State Petroleum Technical University. Ufa: Ufa State Petroleum Technical University Publishing House, 2003.
3. Zolotov, A.V. Analysis of Diagnostic Methods for Centrifugal Pumps / A.V. Zolotov, V.P. Kovalenko, V.E. Yurin, E.V. Slepova // Oil Refining and Petrochemistry. – 2017. – No. 6. – P. 46–50.
4. Yamaliev, V. U. Determination of the technical condition of dynamic equipment based on the results of diagnostic measurements / V. U. Yamaliev, R. R. Gareev // Oil and Gas Business. – 2012. – Vol. 10. – No. 3. – P. 78–82.
5. Kostyukov, V. N. Formation of a vector of diagnostic features based on the characteristic function of a vibroacoustic signal / V. N. Kostyukov, A. P. Naumenko, S. N. Boychenko, I. S. Kudryavtseva // Control. Diagnostics. – 2016. – No. 8. – P. 22–29.
6. GOST R 55265.7–2012. Vibration. Machine Condition Monitoring Based on Vibration Measurements on Non-Rotating Parts. Part 7. Industrial Dynamic Pumps. – Introduced. 2013–12–01. – Moscow: Standartinform, 2014. – 19 p.

# ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

---

Научная статья

УДК 62-12:664.65.05:001.891.57

## ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕСТОДЕЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН ВАКУУМНО-ПОРШНЕВОГО ТИПА

*А. В. Мартынов*

Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева,  
г. Саранск, Россия

**Аннотация.** Одним из этапов в технологическом процессе производства хлебобулочных изделий является деление готового теста на заготовки одинаковой массы с помощью тестоделительных машин. Ресурсоопределяющим узлом таких тестоделительных машин вакуумно-поршневого типа является механизм всасывания, износ деталей которого приводит к потере вакуума и, как следствие, нарушению точности развесовки теста.

**Ключевые слова:** тестоделительная машина, точность развесовки теста, расход пищевого масла, износ деталей.

Original article

## ASSESSMENT OF THE TECHNICAL CONDITION OF VACUUM-PISTON TYPE DOUGH DIVIDER MACHINES

*A. W. Martynov*

Mordovian State University named after N.P. Ogareva,  
Saransk, Russian Federation

**Abstract:** One of the stages in the technological process of bakery products production is the division of the finished dough into blanks of the same mass using dough dividing machines. The resource-determining unit of such vacuum piston type dough dividing machines is the suction mechanism, the wear of which leads to a loss of vacuum and, as a result, a violation of the accuracy of dough weighing.

**Keywords:** testodelitelnaya machine, accuracy of weight distribution of the test, consumption of edible oil, wear of parts.

**Введение.** По данным исследований [1–4], работоспособность тестоделительных машин марки ТД обеспечивают механизмы: всасывающий, делительный, приводной и смазывающий. Во время эксплуатации наблюдаются как внезапные отказы, так и постепенные. На долю внезапных отказов приходится до 10 %, к ним относятся: срыв шпонки на мотор-редукторе, разрыв мембраны масляного насоса, срыв резьбы дросселей и др.

Доля постепенных отказов составляет около 90 %, к ним относится износ деталей механизма всасывания: всасывающего поршня, поверхностей отрезного ножа, камеры всасывания.

Несоблюдение условий эксплуатации тестоделительных машин и отсутствие ежесменного технического обслуживания приводит к образованию дефектов в виде коррозии (рис. 1). Доля деталей с такими дефектами составляет не более 2%.



**а) всасывающий поршень                      б) корпус камеры всасывания**  
**Рисунок 1 – Коррозия на поверхностях деталей тестоделительных машин**

Рассмотрим механизм постепенных отказов однокамерных тестоделительных машин ТД-4 фирмы «Восход», общий вид которых представлен на рисунке 2.

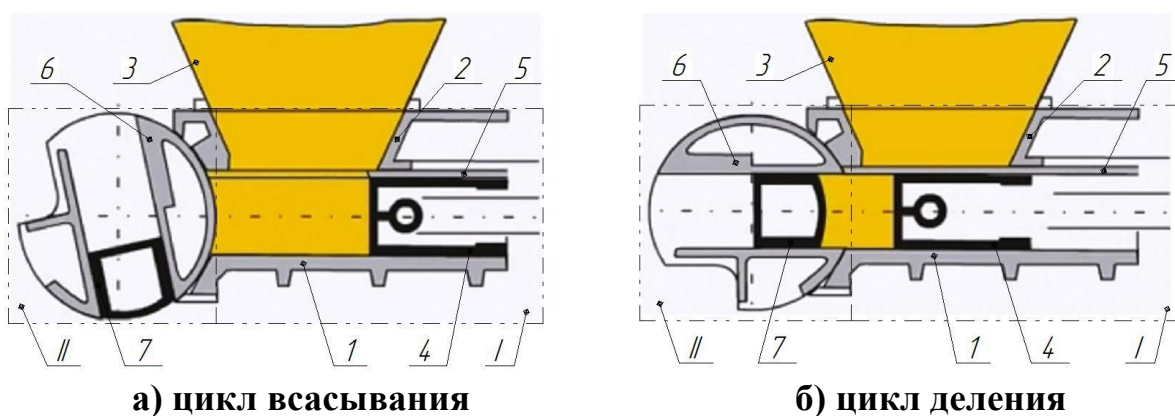
Конструкция делительного устройства (ДУ) тестоделительной машины (рис. 3) включает в себя два основных механизма: всасывающий (I) для наполнения поршневой камеры всасывания тестом и делительный (II) для получения заготовки настроенной массы.

В начальный момент наполнения всасывающей камеры тестом отверстие в конце камеры закрыто боковой поверхностью барабана 6, а всасывающий поршень и отрезной нож находятся в конце камеры с зазором относительно поверхности барабана  $5\pm 1$  мм и  $3\pm 1$  мм соответственно (рис. 3, а). Этот зазор заполняется тестом после первого запуска тестоделительной машины. При наполнении поршневой камеры тестом первым движением начинает отрезной нож, открывая нижнюю часть бункера. Затем в этом же направлении начинает

двигаться поршень, засасывая внутрь камеры тесто за счет создаваемого вакуума [5–8].



**Рисунок 2 – Общий вид тестоделительной машины ТД-4**



**Рисунок 3 – Схема работы делительного устройства: 1 – корпус всасывающей камеры, 2 – верхняя часть камеры всасывания, 3 – бункер, 4 – всасывающий поршень, 5 – отрезной нож, 6 – барабан, 7 – мерный поршень; I – механизм всасывания; II – механизм делительный**

После цикла всасывания теста наступает цикл деления (рис. 3, б). При делении из поршневой камеры всасывания поршень нагнетает тесто в мерную камеру, заполняя ее до момента, когда мерный поршень упрется в ограничитель, настроенный на заданную массу заготовки. Затем барабан поворачивается на 90°, отрезая порцию заготовки теста, и при вертикальном



положении мерной камеры мерный поршень выталкивает ее на транспортную ленту [9,10].

Детали ДУ, работающие в подвижных соединениях, изготавливаются с зазорами не более 0,05–0,1 мм. Подаваемое через дроссели пищевое масло растекается по поверхностям деталей, заполняет зазоры, перекрывая доступ воздуха внутрь камеры, что обеспечивает в ней вакуум. В качестве рабочей жидкости применяется масло Dovidolnatural ГОСТ 8581 – 78, имеющее при температуре 20–30 °С вязкость 60–70 сСт [3,10].

Два дросселя подают масло через боковые отверстия поршневой камеры всасывания, откуда оно попадает в зазоры (рис. 3) «всасывающий поршень 4 – поршневая камера 1» и «отрезной нож 5 – поршневая камера 1». Третий дроссель подает масло через верхнюю часть поршневой камеры всасывания с противоположной стороны от делительного барабана, заполняя зазор соединения «отрезной нож 5 – верхняя часть камеры всасывания 2». Кроме того, масло, стекая по технологическим отверстиям в ноже и поршне, смазывает поверхности этих деталей в соединениях «поршень 4 – дно камеры 1» и «поршень 4 – отрезной нож 5». Четвертый дроссель подает масло через верхнюю часть поршневой камеры всасывания со стороны делительного барабана. Отсюда масло попадает в зазор соединения «барабан 6 – поршневая камера всасывания 1» и служит только для смазывания деталей. Точечная подача масла в технологические зазоры регулируется винтом дросселей, имеющим 10 оборотов, от полного закрытия до полного открытия проходного сечения.

Насос марки РЕКАР, установленный на тестоделительных машинах, имеет пропускную способность масла 1,4 мл за один рабочий ход диафрагмы, благодаря которой расход масла увеличивается при увеличении зазоров или прекращается при их отсутствии. При этом давление нулевой подачи составляет не более 0,3 кгс/см<sup>2</sup>, так как он перестает засасывать масло [3,10].

Критерием достаточности смазки является наличие масла по всей длине смазочных полостей камеры всасывания и всасывающего поршня при работе тестоделительной машины с тестом.

Согласно руководству по эксплуатации В495.00.00.000РЭ [3], система подачи масла настраивается регулировкой дросселей на расход 300–350 мл на 1000 заготовок при трехкратной загрузке бункера тестом массой 180 кг. Для обеспечения указанного расхода масла для новых машин верхние дроссели открыты на 3 оборота, а боковые – на 2 оборота.

Тогда пропускная способность дросселей за один оборот винта составляет 0,03–0,035 гр., а максимально возможное открытие каждого дросселя составляет 10 оборотов. С учетом этого, на 1000 тестовых заготовок пропускная способность через каждый дроссель, открытый на один оборот винта, составит 30–35 гр.

В процессе эксплуатации машин поднастройка подачи масла обеспечивается открытием соответствующих дросселей.

По мере увеличения износов рабочих поверхностей деталей механизма всасывания наступает момент, когда масло, подаваемое через дроссели, не задерживается в зазорах, что приводит к потере вакуума.

**Заключение.** Основываясь на анализе конструкции и принципа работы тестоделительных машин, можно сделать заключение о том, что количество пищевого масла, необходимое для заполнения зазоров в трущихся соединениях деталей и обеспечивающее вакуум в полости всасывания, является критерием технического состояния тестоделительных машин. При этом главной задачей является определение значения расхода масла, при котором в полость всасывания открывается доступ воздуха.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ермолов Л.С. Основы надёжности сельскохозяйственной техники / Л.С. Ермолов, В.М. Кряжков, В.Е. Черкун – М: Колос, С. 1974. 223 с.
2. Михлин В.М. Прогнозирование технического состояния машин / В. М. Михлин – М: Колос, 1976. 288 с.
3. Величко С.А. Оценка предельного состояния тестоделительных машин вакуумно-поршневого типа по критерию расхода масла / С.А. Величко, Е.Г. Мартынова, В.И. Иванов // Инженерные технологии и системы. 2020. Т. 30. № 3. С. 448-463.
4. ГОСТ Р 58233-2018 Хлеб из пшеничной муки. Технические условия.
5. Махмадшоев О.Х. Оборудование для замеса теста // О.Х. Махмадшоев, А.В. Михеев. – Йошкар-Ола: Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства, издательство «Марийский государственный университет» № 20. 2018. С. 594-596.
6. Арабей Е.В. Характеристика оборудования для формования и разделки теста // Е.В. Арабей, В.Н. Балабанов. – Омск: Вестник современных исследований, издательство «Индивидуальный предприниматель Соловьёв Вадим Анатольевич», № 5-1(8). 2017. С. 120–123.
7. Громцев А.С. Исследования точности деления теста, замена методики определения точности тестоделительных машин // А.С. Громцев. – Санкт-Петербург.: Процессы и аппараты пищевых производств, издательство «Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий» №1, 2009. С. 40–43.
8. Иванов В.И. Оценка точности и стабильности объемного деления теста // В.И. Иванов, А.В. Молодых. – М.: Хлебопечение России, издательство «Пищевая промышленность», № 3, 2006. С. 33-35.
9. Бурумкулов Ф.Х. Погрешность дозировки и утечка теста в тестоделителях вакуумного типа // Ф.Х. Бурумкулов, В.И. Иванов, А.В. Молодых, П.Н. Евсеев. – М.: Хлебопечение России, издательство «Пищевая промышленность», № 6. 2004. С. 34-37.

10. Величко С.А. Результаты микрометражных исследований деталей тестоделительных машин вакуумного типа / С.А. Величко, Е.Г. Мартынова, А.В. Мартынов // Вестник ДГТУ. 2019. Т. 19. № 3. С. 231-241.
11. Бурумкулов Ф.Х. Ремонт тестоделительных устройств вакуумного типа методом электроискровой наплавки // Ф.Х. Бурумкулов, В.И. Иванов, А.В. Молодых, П.Н. Евсеев. – М.: Хлебопечение России, издательство «Пищевая промышленность», № 2. 2004. С. 34-36.
12. Андреева Е.В. Определение рациональных параметров рабочих органов тестоделительных машин // Е.В. Андреева. – М.: Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал, издательство «Центральная научная сельскохозяйственная библиотека». №1, 2007. С. 41.

## REFERENCES

1. Ermolov L.S. Fundamentals of reliability of agricultural machinery / L.S. Ermolov, V.M. Kryazhkov, V.E. Cherkun – Moscow: Kolos, P. 1974. 223 p.
2. Mikhlin V.M. Forecasting the technical condition of machines / V. M. Mikhlin – Moscow: Kolos, 1976. 288 p.
3. Velichko S.A. Assessment of the limiting state of vacuum piston type dough dividing machines according to the criterion of oil consumption / S.A. Velichko, E.G. Martynova, V.I. Ivanov // Engineering technologies and systems. 2020. Vol. 30. No. 3. pp. 448-463.
4. GOST R 58233-2018 Bread made from wheat flour. Technical specifications.
5. Makhmadshoev O.H. Equipment for kneading dough // O.H. Makhmadshoev, A.V. Mikheev. – Yoshkar-Ola.: Actual issues of improving the technology of production and processing of agricultural products, publishing house "Mari State University" No. 20. 2018. pp. 594-596.
6. Arabey E.V. Characteristics of equipment for molding and cutting dough // E.V. Arabey, V.N. Balabanov. Omsk: Bulletin of Modern Research, publishing house "Individual entrepreneur Solovyov Vadim Anatolyevich", № 5-1(8). 2017. pp. 120-123.
7. Gromtsev A.S. Studies of the accuracy of dough division, replacement of the methodology for determining the accuracy of dough dividing machines // A.S. Gromtsev. Saint Petersburg: Processes and apparatuses of Food Production, St. Petersburg State University of Low-Temperature and Food Technologies Publishing House No. 1, 2009. pp. 40-43.
8. Ivanov V.I. Evaluation of the accuracy and stability of volumetric dough division // V.I. Ivanov, A.V. Molodykh. Moscow: Bakery of Russia, Food Industry Publishing House, No. 3, 2006, pp. 33-35.
9. Burumkulov F.H. Dosage error and leakage of dough in vacuum-type dough dividers // F.H. Burumkulov, V.I. Ivanov, A.V. Molodykh, P.N. Evseev. – M.: Bakery of Russia, publishing house "Food industry", No. 6. 2004. pp. 34-37.
10. Velichko S.A. Results micrometer studies of parts of vacuum-type dough dividing machines / S.A. Velichko, E.G. Martynova, A.V. Martynov // Bulletin of DSTU. 2019. Vol. 19. No. 3. pp. 231-241.

# НАНОМАТЕРИАЛЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

---

Научная статья

УДК 620.193

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТВЕРДОФАЗНЫХ ДОБАВОК К МОТОРНОМУ МАСЛУ НА КОРРОЗИОННЫЙ ИЗНОС ДЕТАЛЕЙ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ ИХ ДЛИТЕЛЬНОМ ХРАНЕНИИ

*В.В. Сафонов, Д.В. Курдюков, К.В. Сафонов, З.Р. Умаров, А.А. Космынин,  
Д.Р. Кондрашов, Е.А. Дудкин*

ФГБОУ ВО Вавиловский университет, г. Саратов

**Аннотация.** Сельскохозяйственная техника от 8 до 10 месяцев в году находится на длительном хранении. В этот период детали двигателей сельскохозяйственной техники, подвергаются коррозионному износу, что приводит к сокращению их ресурса. Для снижения коррозии деталей двигателя в процессе хранения рекомендуется использовать специальные консервационные масла или присадки к моторным маслам, однако они не нашли широкого применения у сельхозтоваропроизводителей. Известно, что широко применяемые эксплуатационно-ремонтные добавки к моторным маслам способствуют образованию стабильной поверхностной пленки на трущихся поверхностях деталей. Для определения влияния этих добавок на коррозионный износ трущихся деталей двигателя при их длительном хранении в работе была разработана методика и проведены исследования. В результате проведенных лабораторных испытаний было установлено, что площадь образцов подвергшихся коррозионному износу, предварительно проработавших на базовом моторном масле C.N.R.G. N-DURO power SAE 15W-40 составила 335 мм<sup>2</sup>, в то время как образцы, проработавшие на смеси базового масла C.N.R.G. N-DURO power SAE 15W-40 с твердофазной добавкой «Кластер», составила 139 мм<sup>2</sup>, что в 1,9 раз меньше. Это говорит о положительном влиянии порошкообразной добавки «Кластер» на коррозионную устойчивость деталей ЦПГ двигателей при длительном хранении мобильной сельскохозяйственной техники.

**Ключевые слова:** моторное масло, коррозионный износ, твердофазная добавка, образцы трения, колодка, машина трения, двигатель, цилиндропоршневая группа.

Original article

# INVESTIGATION OF THE EFFECT OF SOLID-PHASE ADDITIVES TO ENGINE OIL ON THE CORROSIVE WEAR OF ENGINE PARTS DURING LONG-TERM STORAGE

*V.V. Safonov, D.V. Kurdyukov, K.V. Safonov, Z.R. Umarov, A.A. Kosmynin,  
D.R. Kondrashov, E.A. Dudkin*

Vavilov University, Saratov

**Abstract.** Agricultural machinery is in long-term storage for 8 to 10 months a year. During this period, the engine parts of agricultural machinery are subjected to corrosive wear, which leads to a reduction in their service life. To reduce corrosion of engine parts during storage, it is recommended to use special preservative oils or additives to engine oils, but they are not widely used by agricultural producers. It is known that widely used maintenance additives for engine oils contribute to the formation of a stable surface film on the friction surfaces of parts. To determine the effect of these additives on the corrosive wear of rubbing engine parts during their long-term storage in operation, a methodology was developed and studies were conducted. As a result of laboratory tests, it was found that the area of the samples subjected to corrosion wear, previously worked on the base engine oil C.N.R.G. N-DURO power SAE 15W-40 was 335 mm<sup>2</sup>, while the samples worked on the base oil mixture C.N.R.G. N-DURO power SAE 15W-40 with a solid-phase additive "Cluster", amounted to 139 mm<sup>2</sup>, which is 1.9 times less. This indicates the positive effect of the powdered additive "Cluster" on the corrosion resistance of engine CPG parts during long-term storage of mobile agricultural machinery.

**Keywords:** engine oil, corrosion wear, solid-phase additive, friction samples, pad, friction machine, engine, cylinder-piston group.

**Введение.** Большинство сельскохозяйственной техники около 10 месяцев в году находится на хранение. В этот период ресурсопределяющие детали двигателей мобильной сельскохозяйственной техники, за счет перепада температур, подвергаются коррозионному износу, что приводит к сокращению их ресурса. Для снижения коррозии деталей двигателя в процессе хранения рекомендуется использовать специальные консервационные масла или присадки, однако они не нашли широкого применения в АПК [1, 2].

Штатное моторное масло, оставшееся в двигателе при постановки его на хранение, не обеспечивает надёжной защиты ответственных деталей от коррозионного износа [3, 4]. Однако известно, что применение различных присадок и добавок к моторным маслам в процессе эксплуатации двигателей способствует образованию стабильной поверхностной пленки на трущихся поверхностях деталей с высокими трибологическими показателями.

В настоящее время широкое распространение имеют добавки к моторным маслам, состоящие из высокодисперсных порошкообразных мягких металлов, таких как медь, олово, цинк, алюминий, никель, кобальт, серебро, кадмий, бронза, латунь и др. [5, 6, 7, 8, 9].

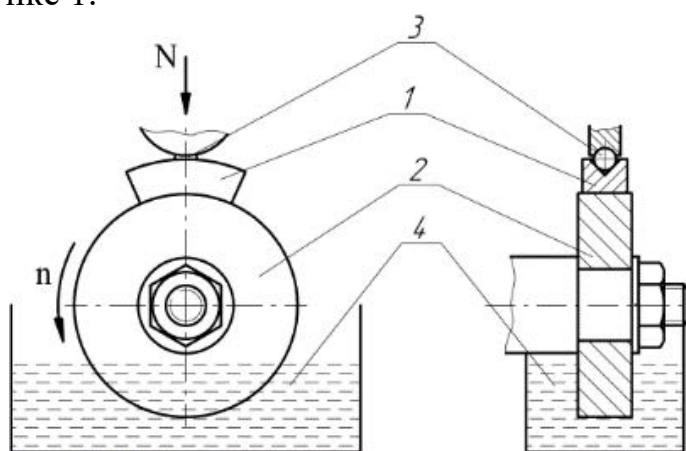
Механизм действия твердофазных добавок основан на способности порошкообразных частиц заполнять микровпадины и микродефекты трущихся поверхностей, увеличивая тем самым фактическую площадь контакта. При попадании частиц в область фактического контакта трущихся тел происходит их взаимодействие с поверхностью трения, что приводит к образованию поверхностной пленки, позволяющей заполнять за счет адгезии поверхностные дефекты и создавать гладкую поверхность трения.

Одной из наиболее широко применяемых добавок к моторным маслам является препарат под названием «Кластер» разработанный в Вавиловском университете [10, 11, 12]. Он состоит из смеси ультрадисперсного порошка полититаната калия, наноразмерного порошка легированной латуни, ПАВ и базового моторного масла [13,14].

**Методика исследований.** Для исследования влияния добавки «Кластер» на формирование поверхностной пленки и установления противодействия ее коррозии основных деталей двигателя при хранении проводили лабораторные исследования по следующей методике.

Предварительно подготавливали образцы на машине трения СМЦ-2 для их дальнейшего испытания на коррозионную стойкость.

Для этого использовали пары трения «ролик – колодка», позволяющие имитировать работу трибосопряжения двигателей «поршневое кольцо – гильза». Схема контактирования трущихся деталей данной пары трения представлена на рисунке 1.



**Рисунок 1. Схема контактирования деталей модельной пары трения «ролик – колодка»: 1 – колодка; 2 – ролик; 3 – центрирующий шарик; 4 – резервуар с испытуемой смазочной средой**

Элементы модельного трибосопряжения были изготовлены из серого чугуна СЧ-25 (ГОСТ 1412-85) одной плавки. Твердость соответствовала твердости поверхности гильзы цилиндра (190...220 НВ). Наружный диаметр ролика – 50 мм, ширина – 12 мм. Колодки изготавливали из кольца с наружным диаметром 68 мм, внутренний диаметр которого шлифовали под размер ролика. Шероховатость рабочей поверхности ролика и колодки после механической обработки соответствовала 0,32 и 0,63 мкм. Коэффициент взаимного перекрытия образцов – 0,13.

Испытания проводили на машине трения СМЦ-2 при следующих режимах: нагрузка 1,5 кН, частота вращения ролика 500 мин<sup>-1</sup>, продолжительность испытания 3 ч.

Перед испытаниями детали модельных трибосопряжений прирабатывали на моторном масле C.N.R.G. N-DURO power SAE 15w-40 в течение 3 ч на режимах основных испытаний. Смазку образцов осуществляли погружением нижнего ролика на 1/3 диаметра в смазочную ванну объемом 150 см<sup>3</sup> (см. рисунок 1). Нагрузку на ролики увеличивали от 0 до величины испытательной нагрузки ступенчато по 0,25 кН. Продолжительность работы на каждой ступени нагружения составила 0,5 ч. Нагрузку изменяли при помощи нагрузочного устройства, имеющегося на машине трения.

Испытывали базовое моторное масло C.N.R.G. N-DURO power SAE 15W-40 и смесь масла C.N.R.G. N-DURO power SAE 15W-40 с твердофазной добавкой «Кластер».

Детали до испытания взвешивали на аналитических весах HR-250AZG и затем подвешивали в пробирки с коррозионно-активной жидкостью, которые в свою очередь помещали в металлические цилиндры, установленные в штативе (рисунок 2). После чего данная конструкция помещалась в термостатирующую баню LOIP-LB-200, заполненную дистиллированной водой и поддерживающую температуру 40°C (рисунок 3).



**Рисунок 2. Образцы до коррозионных испытаний**

Коррозионные испытания подготовленных образцов проводили при повышенной относительной влажности и температуре с периодической конденсацией влаги и агрессивной составляющей – солевого тумана. Для получения солевого тумана использовали раствор хлористого натрия концентрацией 50 г/дм<sup>2</sup> согласно ГОСТ 9.308-85.



а)



б)

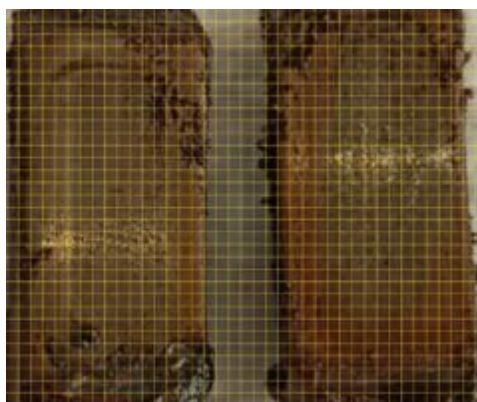
**Рисунок 3. Термостатирующая баня LOIP-LB-200 (а) и камеры коррозионных испытаний (б)**

Продолжительность испытаний составляла - 96 ч. Распыление солевого тумана производили через каждые - 24 ч.

Площадь поверхности потускнения и коррозионных пятен на экспериментальных образцах определяли наложением миллиметровой бумаги на поверхность колодки (ГОСТ 32329-2013).

#### **Результаты исследований.**

Внешний вид образцов после испытаний представлен на рисунке 4.



**Рисунок 4 – Образцы после исследований на коррозионную стойкость**

В результате проведенных лабораторных испытаний было установлено, что площадь образцов подвергшихся коррозионному износу, предварительно проработавших на базовом моторном масле C.N.R.G. N-DURO power SAE 15W-40 составила 335 мм<sup>2</sup>, в то время как образцы, проработавшие на смеси базового масла C.N.R.G. N-DURO power SAE 15W-40 с твердофазной добавкой «Кластер», составила 139 мм<sup>2</sup>, что в 1,9 раз меньше.

#### **Заключение.**

Применение твердофазных добавки «Кластер» к моторному маслу дизелей в процессе эксплуатации автотракторной техники приводит к образованию поверхностной пленки на трущихся деталях, которая способствует снижению коррозионного износа ответственных деталей двигателя в 1,9 раза по сравнению с базовым маслом C.N.R.G. N-DURO power



SAE 15w-40. Что должно обеспечить надежную защиту трущихся поверхностей деталей двигателя от коррозионного разрушения при длительном хранении мобильной сельскохозяйственной техники.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРА

1. Черноиванов В.И., Северный А.Э, Зазуля А.Н., Прохоренков В.Д., Петрашев А.И., Вигдорович В.И., Князева Л.Г. Сохраняемость и противокоррозионная защита техники в сельском хозяйстве. М: ГНУ ГОСНИТИ. 2009. - 240 с.
2. Романченко, Н.М. Защита сельскохозяйственной техники от коррозии: учеб. пособие / Н.М. Романченко; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2016 – 188 с.
3. Износ и коррозия сельскохозяйственных машин / М.М. Севернев, Н.Н. Подлекарев, В.Ш. Сохадзе, В.О. Китиков; под ред. М.М. Севернева. - Минск: Беларус. навука, 2011. – 333 с.
4. Петрашев А.И., Князева Л.Г., Прохоренков В.Д., Клепиков В.В. Технология консервации аграрной техники водно-восковым составом «Герон»// Наука в центральной России. 2013. №1. С. 53-56.
5. Елисеев А.А. Функциональные наноматериалы/А.А. Елисеев, А.В. Лукашин; под ред. Ю.Д. Третьякова. – М.: ФИЗМАТЛИТ. - 2010. – 456 с.
6. Пат. 2123030 Российская Федерация, МПК<sup>6</sup> C10M 125/00, C10M 125:04, C10M 125:22, C10M 125:24, C10N 30:06. [Смазочная композиция](#) [Текст] / Сафонов В.В., Добринский Э.К., Буйлов В.Н., Семин А.Г., Митюшкин А.А., Венскайтис В.В.; заявители и патентообладатели Сафонов В.В., Добринский Э.К., Буйлов В.Н. и [др.]. – № 97116529/04; заявл. 07.10.1997; опубл. 10.12.1998, Бюл. № 34. – 9 с.: ил.
7. Балабанов В.И. Нанотехнологии. Наука будущего [Текст]. Москва: Эксмо, 2009. 256 с.
8. Сафонов, В.В., Шишурин, С.А., Александров, В.А. Повышение эффективности эксплуатации сельскохозяйственной техники за счет применения наноматериалов // Нанотехника. – 2009. – № 20. С. 79–80.
9. Гительман Д.А., Дунаев А.В., Колокольников В.Н., [и др.]; Исследования трибосоставов на основе гексагонального нитрида бора // Труды ГОСНИТИ, Т.115. – 2014. – С. 66–70.
10. Сафонов, В.В., Добринский, Э.К. Повышение ресурса тракторных дизелей за счет металлсодержащих добавок к маслу // Тракторы и сельхозмашины. – 2001. – №4. – С. 17–18.
11. Сафонов, В.В., Шишурин, С.А., Александров, В.А. Повышение эффективности эксплуатации сельскохозяйственной техники за счет применения наноматериалов // Нанотехника. – 2009. – № 20. С. 79–80.
12. Сафонов, В.В., Добринский, Э.К. Повышение ресурса тракторных дизелей за счет металлсодержащих добавок к маслу // Тракторы и сельхозмашины. – 2001. – №4. – С. 17–18.

13. Патент 2493104 Российская Федерация, МПК C01G 23/00, C01D 13/00, C04B 35/462, C10M 125/10. Порошок титаната калия и смазочная композиция на его основе/Гороховский А. В., Палагин А. И., Азаров А. С., Третьяченко Е. В., Сафонов В. В., Сафонов К. В.; заявители и патентообладатели Гороховский А. В., Азаров А. С. – № 2012103825/05; заявл. 03.02.2012; опубл. 20.09.2013. Бюл. №26. – 12 с.

14. Патент 2525238. Российская Федерация, МПК C10M 125/00, C10M 125/04, B82B 3/00, C01G 23/00, C10N 30/06. Смазочная композиция / Сафонов В. В., Добринский Э. К., Гороховский А. В., Буйлов В. Н., Сафонов К. В., Галкин А. А.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова». – № 2013116082/04; заявл. 09.04.2013; опубл. 10.08.2014. Бюл. №22. – 10 с.

## REFERENCES

1. Chernoiivanov V.I., Severny A.E., Zazulya A.N., Prokhorenkov V.D., Petrashev A.I., Vigdorovich V.I., Knyazeva L.G. Preservation and corrosion protection of machinery in agriculture. Moscow: GNU STATE UNIVERSITY. 2009. 240 p.

2. Romanchenko, N.M. Protection of agricultural machinery from corrosion: textbook. manual / N.M. Romanchenko; Krasnodar State Agrarian University. un-T. – Krasnoyarsk, 2016 – 188 p.

3. Wear and corrosion of agricultural machinery / M.M. Severnev, N.N. Podlekarev, V.Sh. Sokhadze, V.O. Kitikov; edited by M.M. Severnev. - Minsk: Belarus. Navuka, 2011. – 333 p.

4. Petrashev A.I., Knyazeva L.G., Prokhorenkov V.D., Klepikov V.V. Technology of conservation of agricultural machinery with water-wax compound "Geron"// Science in central Russia. 2013. No. 1. pp. 53-56.

5. Eliseev A.A. Functional nanomaterials/A.A. Eliseev, A.V. Lukashin; edited by Yu.D. Tretyakov. – M.: FIZMATLIT. - 2010. 456 p

6. Pat. 2123030 Russian Federation, MPK6 C10M 125/00, C10M 125:04, C10M 125:22, C10M 125:24, C10N 30:06. Lubricant composition [Text] / Safonov V.V., Dobrinsky E.K., Buylov V.N., Semin A.G., Mityushkin A.A., Venskaitis V.V.; applicants and patent holders Safonov V.V., Dobrinsky E.K., Buylov V.N. and [others]. – No. 97116529/04; application 07.10.1997; publ. 10.12.1998, Bul. No. 34. – 9 p.: ill.

7. Balabanov V.I. Nanotechnologies. Science of the future [Text]. Moscow: Eksmo, 2009. 256 p.

8. Safonov, V.V., Shishurin, S.A., Alexandrov, V.A. Improving the efficiency of agricultural machinery operation through the use of nanomaterials. – 2009. – No. 20. pp. 79-80.

9. Gitelman D.A., Dunaev A.V., Kolokolnikov V.N., [et al.]; Studies of tribocompositions based on hexagonal boron nitride // Proceedings of GOSNITI, Vol. 115. – 2014. – pp. 66-70.
10. Safonov, V.V., Dobrinsky, E.K. Increasing the life of tractor diesels due to metal-containing additives to oil // Tractors and agricultural machines. 2001. No. 4. pp. 17-18.
11. Safonov, V.V., Shishurin, S.A., Alexandrov, V.A. Improving the efficiency of agricultural machinery operation through the use of nanomaterials. - 2009. – No. 20. pp. 79-80.
12. Safonov, V.V., Dobrinsky, E.K. Increasing the life of tractor diesels due to metal-containing additives to oil // Tractors and agricultural machines. 2001. No. 4. pp. 17-18.
13. Patent 2493104 Russian Federation, IPC C01G 23/00, C01D 13/00, C04B 35/462, C10M 125/10. Potassium titanate powder and a lubricating composition based on it/Gorokhovskiy A.V., Palagin A. I., Azarov A. S., Tretyachenko E. V., Safonov V. V., Safonov K. V.; applicants and patent holders Gorokhovskiy A.V., Azarov A. S. - No. 2012103825/05; application 02/03/2012; publ. 09/20/2013. Bul. No. 26. – 12 p.
14. Patent 2525238. Russian Federation, IPC C10M 125/00, C10M 125/04, B82B 3/00, C01G 23/00, C10N 30/06. Lubricant package / Safonov V. V., Dobrinsky E. K., Gorokhovskiy A.V., Buylov V. N., Safonov K. V., Galkin A. A.; applicant and patent holder Federal State Budgetary Educational Institution Higher professional education institution Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. – No. 2013116082/04; application no. 09.04.2013; published no. 10.08.2014. Bul. no. 22. – 10 p.

# ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

---

Научная статья

УДК: 631.3.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕМЕНТОВ ГЗУ ДЛЯ РУЛОНОВ ПРЕССОВАННЫХ КОРМОВ ПРИ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

*В.В. Васильчиков, Р.Р. Батраев, Е.А. Миронова*

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

**Аннотация.** В статье рассматриваются особенности прочностного расчет грузозахватных устройства для погрузки рулонов грубых кормов, упакованных в пленку.

**Ключевые слова:** фронтальный погрузчик, захваты для рулонов, рулоны прессованных кормов, метод конечных элементов,

Original article

## STUDY OF THE STRENGTH CHARACTERISTICS OF GZU ELEMENTS FOR ROLLED COMPRESSED FEED UNDER STATIC AND DYNAMIC LOADS

*Vasilchikov V.V., Batraev R.R., Mironova E.A.*

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

**Abstract.** The article discusses the features of the strength calculation of the load-handling device for loading rolls of roughage packed in film

**Keywords:** front-end loader, roll grippers, compressed feed rolls, finite element method,

**Введение.** В современных условиях больше значение приобретает вопрос о повышении эффективности сельскохозяйственного производства в целом и использования машин в сельскохозяйственном производстве в частности.

Особое значение в последнее время приобретает совершенствование технологии заготовки прессованных кормов [2,3].

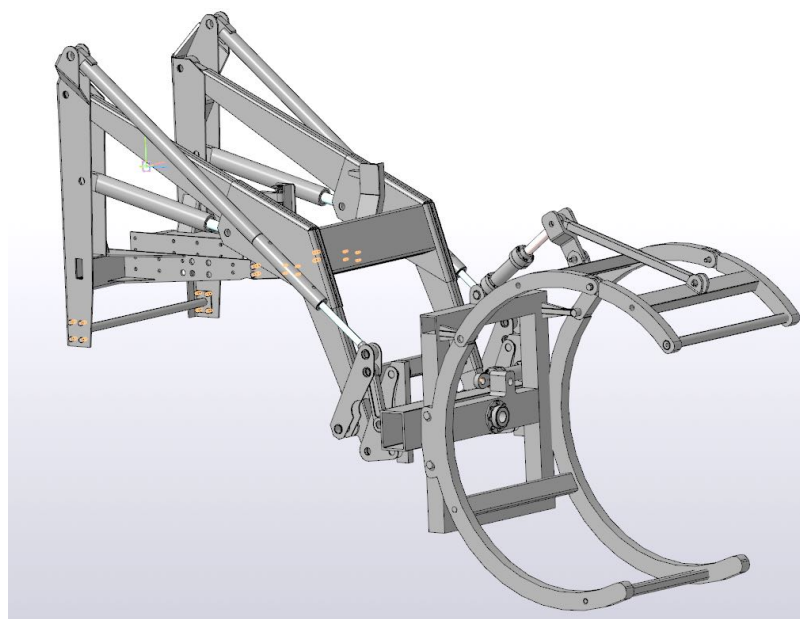
Технологический процесс заготовки прессованных кормов включает в

себя операции погрузки, транспортировки и штабелирования. Операции подъезда, захвата, погрузки рулонов в транспортные средства, формирования и разборки штабеля, применяемые в настоящее время в сельском хозяйстве, основаны на использовании фронтальных универсальных погрузчиков и грузозахватных устройств обхватывающего типа. На операциях подъема и погрузки рулонов в транспортные средства, формирования и разборки штабеля рулонов такие погрузчики наиболее эффективны

Наиболее полное использование вместимости транспортных средств и крытых хранилищ достигается при определенном способе укладки рулонов. Таким способом является укладка рулонов на основание (Рисунок 15). При этом образуется штабель, имеющий в поперечном сечении форму прямоугольника, что позволяет использовать объем хранилища на 80%, в отличие от укладки рулонов в штабель на образующую когда хранилище используется на 60-65%.

С учетом вышесказанного повышение эффективности технологического процесса погрузки рулонов грубых кормов является актуальной задачей.

**Методика исследований.** В качестве объекта исследования рассмотрим конструкцию грузозахватного устройства совместно с узлом крепления устройства к раме погрузчика (Рисунок 1) и проведем теоретическое исследование работы данной конструкции при различных режимах нагружения.



**Рисунок 1. Имитационная модель грузозахватного устройства с узлом крепления к стреле погрузчика**

Грузозахватное устройство (ГЗУ), наиболее полно отвечающее требованиям оптимальной погрузки рулонов прессованного корма, представленное на рисунке 11.

ГЗУ работает по следующей схеме: при выходе из прессовальной камеры пресс-подборщика рулон располагается на поле, на образующей [1,2].

Погрузчик с грузозахватным устройством подъезжает к рулону. Затем устройство ориентируется относительно рулона, для захвата либо со стороны образующей, либо устройство гидроцилиндром поворота рамы переводится в положение, позволяющее захватить рулон со стороны основания. Грузозахватное устройство накладывается на рулон со стороны образующей. Происходит захват рулона. Захваченный рулон поднимается и транспортируется к месту разгрузки. При необходимости можно переориентировать рулон в пространстве гидроцилиндром поворота рамы, или гидроцилиндром перевода грузозахватного устройства из горизонтального положения в вертикальное, установленным на стреле погрузчика. Данная возможность переориентации рулона в пространстве обеспечит возможность подъезда погрузчика к рулону как со стороны образующей, так и со стороны основания, обеспечит захват рулона расположенного как на основании, так и на образующей, т.е. исключит необходимость дополнительных манёвров.

Для оценки прочности конструкции следует провести следующие виды расчетов:

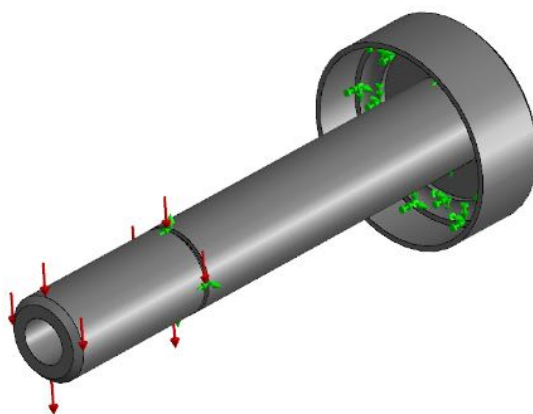
1. оценку прочность конструкции грузозахватного устройства при статическом нагружении от веса рулона;
2. оценку прочности конструкции узла крепления ГЗУ к раме погрузчика в горизонтальном (от действия изгибающего момента) и вертикальном (от действия осевой растягивающей силы) положении;
3. оценку прочности конструкции грузозахватного устройства при статическом нагружении от веса рулона;

Для изучения вопроса движения системы при различных режимах работы конструкции рассмотрим ее имитационную модель (Рисунок 1)

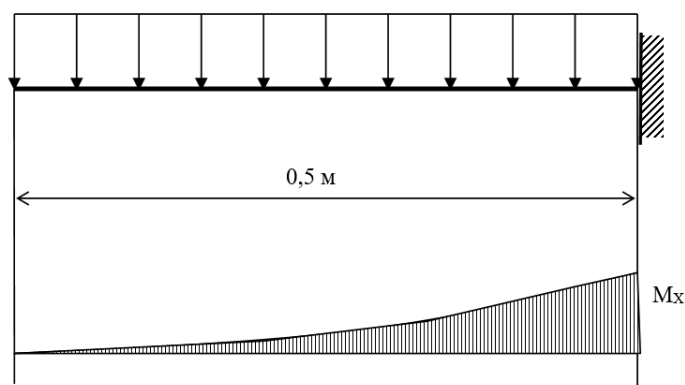
При изучении прочностных характеристик конструкции в ходе численного эксперимента были выявлены опасные сечения наиболее нагруженный узел конструкции. Им является узел крепления ГЗУ с механизмом поворота (Рисунок 2). При этом самым нагруженным элементом является – ось узла поворота.

**Результаты исследований.** Для упрощения расчетной схемы примем ось узла крепления ГЗУ в виде консольной балки. А данное упрощение расчетной схемы (прямолинейный стержень вместо криволинейного) положительно скажется на запасе прочности.

Будем рассматривать участок оси с резьбой, так как именно на это участке приложена максимальная распределённая нагрузка от суммарного веса груз охватного устройства и рулона сенажа (в резьбовой его части).



**Рисунок 2. Расчетная модель оси узла крепления ГЗУ.**  
**Закрепление модели (зелёные стрелки) и имитационное нагружение**  
**(красные стрелки)**  
 $q = 4 \text{ кН/м}$



**Рисунок.3. Расчетная модель оси ГЗУ обжимающего типа**

Определяем внутренние усилия в сечении оси.

$$M_x = -q \frac{z_1^2}{2} \quad (1)$$

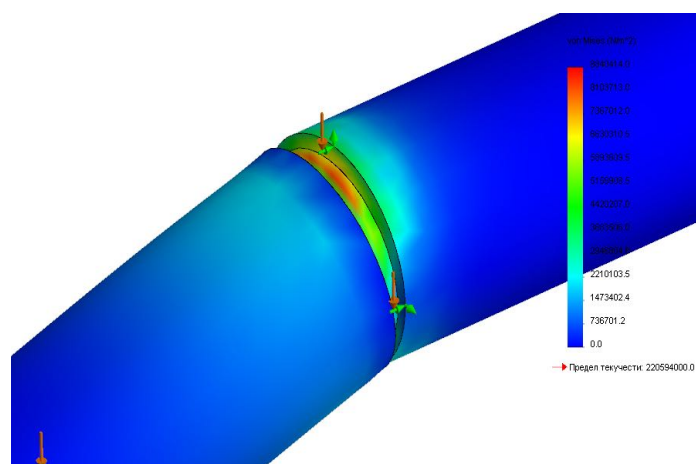
На основании полученных результатов расчетов строим эпюры изгибающих моментов.

Максимальный изгибающий момент будет в месте крепления оси в раме. Подбираем профиль поперечного сечения из условия прочности:

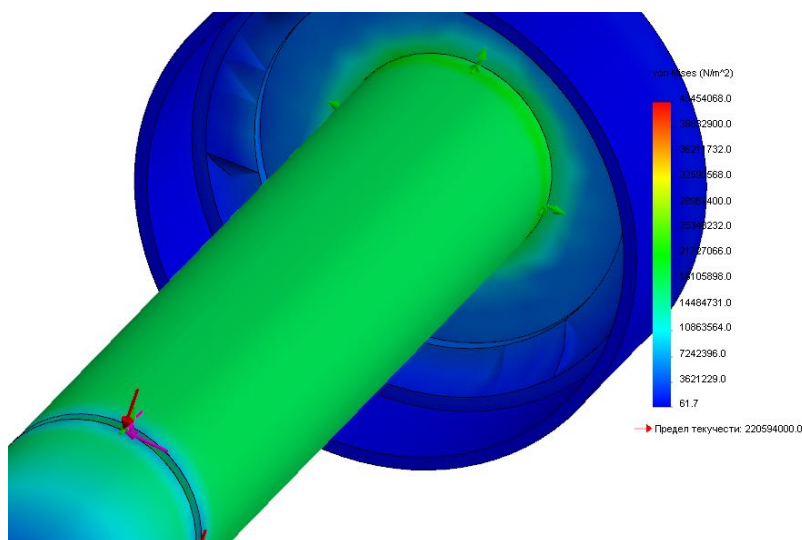
$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_x} \leq \sigma_{adm} \rightarrow W_x = M_{\max} \cdot \sigma_{adm} \quad (2)$$

Дальнейший расчет, в силу его сложности, проведён методом конечных элементов, реализованный программно.

В результате проведённых исследований конструкции получены следующие результаты (рисунок 3, 4)



**Рисунок 4. Опасное сечение узла поворота  
(канавка сбег резьбы)**



**Рисунок 5. Деформация оси узла крепления ГЗУ  
от совместного действия крутящего  
и изгибающего моментов**

**Закключение.** Применение имитационного моделирования позволило нам с достаточной степенью точности определить прочность и долговечность конструкции, определить наиболее напряженные узлы конструкции (опасные сечения), с целью дельнейшей оптимизации конструкции при различных режимах работы.

Представленного конструктивное решение узла крепления грузозахватного устройства, повышение долговечности его элементов и конструкции в целом позволит повысить производительность погрузки за счет снижения затрат времени на ориентацию грузозахватного устройства, одновременного выполнения нескольких движений (подъем и поворот рулона для укладки в штабель на основание).



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент № 2173040 С1 Российская Федерация, МПК А01D 87/12. грузозахватное устройство: № 2000107584/13: заявл. 28.03.2000: опубл. 10.09.2001 / В. Ф. Дубинин, В. А. Глухарев, А. С. Старцев. – EDN MNNOFJ.
2. Батраев, Р. Р. Повышение эффективности процесса погрузки рулонов прессованных кормов путем совершенствования грузозахватного устройства / Р. Р. Батраев, В. В. Васильчиков // Инновационное техническое обеспечение агропромышленного комплекса: НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ ИМЕНИ А. Ф. УЛЬЯНОВА, Саратов, 17 октября 2024 года. – Саратов: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова", 2024. – С. 13-17. – EDN SJZLAY.
3. Погрузчики периодического и непрерывного действия – виды, краткое устройство, работа. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://infopedia.su/3x2034.html>
4. Павлов, П.И. Факторы, влияющие на энергоемкость фронтального погрузчика /П.И, Павлов, В.В. Васильчиков, С.А. Жигунов // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. Саратов, 2014. № 6, С. 58-60
5. Старцев, А. С. Повышение эффективности работы фронтального погрузчика при погрузке рулонов грубых кормов за счет разработки и оптимизации параметров рабочего органа: специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Старцев Александр Сергеевич. – Саратов, 2001. – 188 с. – EDN QDJWWH.
6. Старцев, А. С. Силы, действующие на элементы рабочего органа при погрузке рулонов грубых кормов / А. С. Старцев // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию со дня рождения профессора Александра Григорьевича Рыбалко, Саратов, 11–12 июля 2006 года. Том Часть 2. – Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2006. – С. 86-90. – EDN VHLKZK.
7. Токарев, В.И. Разработка методов и средств повышения эксплуатационной эффективности мобильных погрузчиков сельскохозяйственного назначения. [Текст]: дис. ... канд. тех. наук: 05.20.01: защищена 17.12.2018: / Токарев Владимир Иванович. - Волгоград., 2018. - 174 с.

## REFERENCES

1. Patent No. 2173040 C1 Russian Federation, IPC A01D 87/12. Load-gripping device: No. 2000107584/13: declared 03/28/2000: published 09/10/2001 / V. F. Dubinin, V. A. Glukharev, A. S. Startsev. – EDN MNNOFJ.

2. Batraev, R. R. Improving the efficiency of the process of loading rolls of pressed feed by improving the gripping device / R. R. Batraev, V. V. Vasilchikov // Innovative technical support for the agro-industrial complex: SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE WITH INTERNATIONAL PARTICIPATION NAMED AFTER A. F. ULYANOV, Saratov, October 17, 2024. - Saratov: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov", 2024. - Pp. 13-17. - EDN SJZLAY.
3. Batch and continuous loaders - types, brief design, operation. [Electronic resource]. Access mode: <https://infopedia.su/3x2034.html>
4. Pavlov, P. I. Factors Affecting the Energy Consumption of Front Loaders / P.I. Pavlov, V.V. Vasilchikov, S.A. Zhigunov // Bulletin of the Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Saratov, 2014. No. 6, pp. 58-60
5. Startsev, A.S. Improving the Efficiency of a Front Loader When Loading Rolls of Rough Feed by Developing and Optimizing the Parameters of the Working Element: specialty 05.20.01 "Technologies and Means of Agricultural Mechanization": dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences / Startsev Aleksandr Sergeevich. - Saratov, 2001. - 188 p. - EDN QDJWWH.
6. Startsev, A. S. Forces acting on the elements of the working element when loading rolls of roughage / A. S. Startsev // Proceedings of the International scientific and practical conference dedicated to the 70th anniversary of the birth of Professor Alexander Grigorievich Rybalko, Saratov, July 11-12, 2006. Volume Part 2. - Saratov: Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, 2006. - Pp. 86-90. - EDN VHLKZK.
7. Tokarev, V.I. Development of methods and means of improving the operational efficiency of mobile loaders for agricultural purposes. [Text]: dis. ... Cand. of Technical Sciences: 05.20.01: protected 12/17/2018: / Tokarev Vladimir Ivanovich. - Volgograd., 2018. - 174 p.

Научная статья

УДК: 631.3.

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОГРУЗКИ КОНТЕЙНЕРОВ BIG-BAG ЗА СЧЕТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ГРУЗОЗАХВАТНОГО УСТРОЙСТВА**

*В.В. Васильчиков, А.Е. Осетров, А.А. Леонтьев,  
А.В. Перетьяко, Д.С. Исказиев*

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

**Аннотация.** Представлены результаты экспериментального определения конструктивных параметров фронтальных погрузчиков, влияющих на энергоёмкость конструкции в целом. Приведено сравнение результатов теоретического расчета и численного и натурного экспериментов.

**Ключевые слова:** фронтальный погрузчик, контейнеры BigBag, станции затаривания.

Original article

## **IMPROVING THE LOADING EFFICIENCY OF BIG-BAG CONTAINERS BY IMPROVING THE LOAD-HANDLING DEVICE**

*V.V. Vasilchikov, A.E. Osetrov, A.A. Leontiev,  
A.V. Peretyatko, D.S. Iskaziev*

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

**Abstract.** The results of experimental determination of the design parameters of front-end loaders affecting the energy consumption of the structure as a whole. The results of theoretical calculation and numerical and field experiments are also compared.

**Keywords:** front-end loader, BigBag containers, and filling stations.

### **Введение.**

Важнейшей задачей отраслей сельского хозяйства является полное удовлетворение потребностей населения страны в дешевых высококачественных продуктах питания и обеспечение сырьём различных отраслей промышленности.

Большое значение в перспективном развитии современных предприятий, занимающихся выпуском сельскохозяйственной продукции имеет использование оборудования для выполнения погрузо-разгрузочных и транспортных работ сыпучих грузов, упакованных в мягкие контейнеры типа BigBag. [2].

Решение данных задач современного технологического процесса погрузки-разгрузки приобретает важное значение в результате того, что в настоящее время в агропромышленном комплексе сложилась экономическая

ситуация, которая не позволяет хозяйству в полном объеме приобретать широкий спектр техники, заточенной под узкий круг задач. В частности, для разгрузки удобрений и других сельскохозяйственных грузов, упакованных в big-bag, и предприятию приходится приобретать дополнительную технику, часть из которой не является универсальной.

При осуществлении погрузо-разгрузочных работ в хозяйстве задействуется много рабочих, приспособлений и устройств. Процесс этот трудоемкий и достаточно опасный, требующий много времени.

Одним из решений данного вопроса является разработка навесного оборудования для загрузки и транспортировки сыпучих грузов, упакованных в мягкие контейнеры типа BigBag [2, 3].

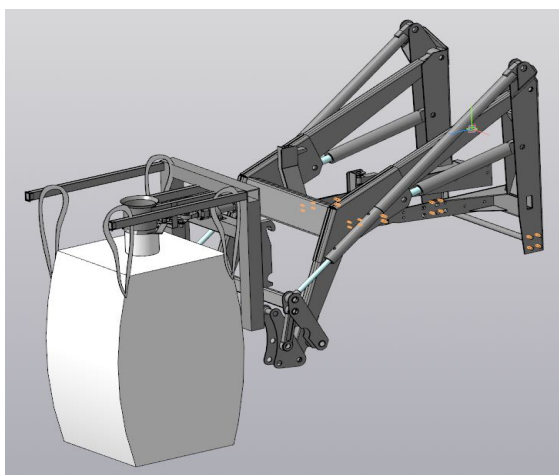
#### **Методика исследований.**

Станции для затаривания, а также, различные устройства для разтаривания мягких контейнеров типа Big-Bag широко представлены на рынке, но они, на наш взгляд, имеют ряд недостатков – отсутствие мобильности и универсальности.

Кроме того, для совершения погрузо-разгрузочных и транспортных работ используется минимум два технических средства – непосредственно сама станция затаривания мягких контейнеров Big-Bag и фронтальный погрузчик.

В большинстве случаев для транспортировки мешков используют имеющуюся в наличии навеску на фронтальный погрузчик, от стандартного ковша и вила до специального навесного оборудования для транспортировки мешков Big-bag.

Предлагаемое устройство для затаривания и погрузки мешков Big-bag представляет сварную раму с горизонтальными направляющими для подвешивания контейнера и устройством для обжима верхнего клапана для надежного затаривания контейнера (рисунок 1).



**Рисунок 1. Устройство для затаривания и погрузки мешков Big-bag навесное**

Технологическая схема предлагаемого устройства заключается в следующем:

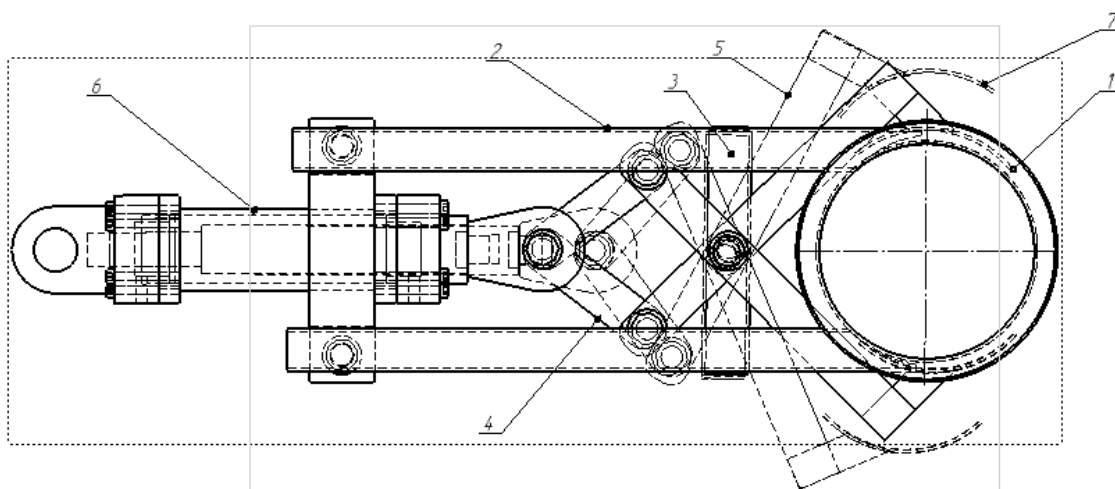
1. Трактор с навешенным на него устройством осуществляет подъезд к месту хранения сыпучих грузов.

2. Стропы контейнера Big-Bag закрепляются на направляющих, а верхняя загрузочная горловина одевается на соответствующий загрузочный патрубок на навесном устройстве для затаривания.

3. С помощью гидроцилиндра, подключенного к гидросистеме трактора, приводится в действие механизм обжима загрузочной горловины.

После наполнения контейнера Big-Bag его загрузочная горловина освобождается и закупоривается. После чего погрузчик с контейнером Big-Bag перемещается к транспортному средству или иному пункту разгрузки.

Для выполнения устройством для затаривания погрузо-разгрузочных операций, требующих обжима загрузочного клапан мешка Big-Bag, было разработано специально устройство обжима (рисунок 2).



**Рисунок 2. Загрузочная горловина с обжимным механизмом**

Принцип работы механизма следующий (рисунок 2): усилие со штока гидроцилиндра 6 передается на планки 4, а те, в свою очередь, передают усилие на рычаги 5. При этом обжимные планки 7 расходятся в стороны от загрузочного патрубка 1, тем самым позволяя свободно одеть на ее верхнюю часть загрузочную горловину контейнера big-bag, после этого шток гидроцилиндра возвращается в исходное положение и происходит обжатие горловины контейнера Big-bag.

Ограничителями силы обжатия в данном случае служат сам шток гидроцилиндра (в полностью убранном положении происходит обжим горловины), а при выдвижении штока раскрытие рычагов ограничивается рамкой 3.

#### **Заключение.**

Захват для мешков big-bag, состоящий из рамы и загрузочной горловины с механизмом обжатия позволяет повысить производительность погрузо-разгрузочных и транспортных работ и сократить время простоя транспорта, а также обеспечить безопасность при их проведении.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизированная справочная система «Сельхозтехника» [Электронный ресурс] URL: [https://www.agrobase.ru/catalog/machinery/machinery\\_f54b08a5-e4aa-4bd4-945d-3f2f87394ce7](https://www.agrobase.ru/catalog/machinery/machinery_f54b08a5-e4aa-4bd4-945d-3f2f87394ce7)
2. Захваты для БИГ-БЭГОВ на вилочный погрузчик [Электронный ресурс] URL: <http://www.mainavira.nt-rt.ru/>
3. Биг Бэги (мешки МКР): область применения, назначение, производство. [Электронный ресурс] URL: <https://rostexika.ru/a193448-big-begi-meshki.html> (дата обращения 2.05.2025)
4. Токарев, В.И. Разработка методов и средств повышения эксплуатационной эффективности мобильных погрузчиков сельскохозяйственного назначения. [Текст]: дис. ... канд. тех. наук: 05.20.01: защищена 17.12.2018: / Токарев Владимир Иванович. - Волгоград., 2018. - 174 с.

## REFERENCES

1. Automated reference system «Agricultural machinery» [Electronic resource] URL: [https://www.agrobase.ru/catalog/machinery/machinery\\_f54b08a5-e4aa-4bd4-945d-3f2f87394ce7](https://www.agrobase.ru/catalog/machinery/machinery_f54b08a5-e4aa-4bd4-945d-3f2f87394ce7)
2. Grippers for BIG BAGS on a forklift [Electronic resource] URL: <http://www.mainavira.nt-rt.ru/>
3. Big Bags (MKR sacks): area of application, purpose, production. [Electronic resource] URL: <https://rostexika.ru/a193448-big-begi-meshki.html> (date of access 02.05.2025)
4. Tokarev, V.I. Development of methods and means of increasing the operational efficiency of mobile loaders for agricultural purposes. [Text]: dis. ... Cand. Tech. sciences: 05.20.01: protected 12/17/2018: / Tokarev Vladimir Ivanovich. - Volgograd., 2018. - 174 p.

Научная статья

УДК: 631.3.

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОГРУЗО-РАЗГРУЗОЧНЫХ И СКЛАДСКИХ РАБОТ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ**

**В.В. Васильчиков, А.С. Беляева, Д.С. Исказиев**

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

**Аннотация.** Представлены результаты экспериментального определения качества минеральные удобрений путем оценки их слеживаемости. Приведено техническое решение для определения качества минеральных удобрений.

**Ключевые слова.** Минеральные удобрения, погрузка удобрений, хранение удобрений, контроль качества минеральных удобрений.

Original article

## **INCREASING THE EFFICIENCY OF LOADING AND UNLOADING OPERATIONS AND WAREHOUSING BY USING A DEVICE FOR MONITORING THE QUALITY OF MINERAL FERTILIZERS**

***V.V. Vasilchikov, A.S. Belyaeva, D.S. Iskaziev***

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

**Abstract.** The results of the experimental determination of the quality of mineral fertilizers by assessing their caking are presented. A technical solution for determining the quality of mineral fertilizers is provided.

**Keywords:** Mineral fertilizers, fertilizer loading, fertilizer storage, and quality control of mineral fertilizers.

### **Введение.**

Производство минеральных удобрений играет важнейшую роль в области развития сельского хозяйства, так как их применение является одним из действенных факторов повышения урожайности сельскохозяйственных культур и плодородности грунта. Поэтому, неотъемлемым и очень важным этапом производства является контроль качества используемого сырья [1].

Качество поставляемых сельскому хозяйству удобрений определяется такими показателями как: влажность, гигроскопичность, предельная влагоёмкость, плотность, угол естественного откоса, слеживаемость, рассеиваемость, гранулометрический состав [1,2].

Незатаренные удобрения, склонные к слеживанию, хранят в отсеках насыпью высотой 2,5-3 м, для несслеживаемых удобрений высоту можно



увеличить до 5 м. При этом, они хранятся на определенном расстоянии от стен хранилища (часть насыпи, опирающаяся на стену, не должна превышать 1,5 м). (рисунок 2.2)

Удобрения в таре (кроме аммиачной селитры) складывают в штабеля из 12-15 ярусов с разным направлением мешков. Лучше их складировать на решетчатые настилы и стеллажи. Мочевину, сульфат аммония и аммиачную селитру складывают в штабелях высотой 10-15 рядов мешков, аммофос, нитрофоски, калий хлористый – до 18-20 рядов [2].

С учётом этого оценка минеральных удобрений путем разработки устройства для контроля их качества является актуальной задачей.

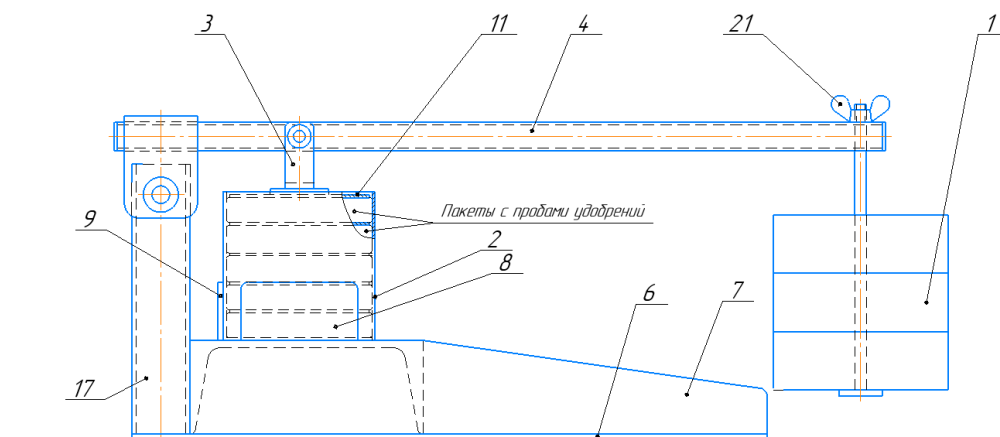
### **Методика исследований.**

Представленные на Российском рынке устройства для контроля качества минеральных удобрений имеют один существенный недостаток – цена готового изделия [7]. Кроме того, практически все они требуют для работы наличие квалифицированного персонала.

Для существенного упрощения данного процесса возникает необходимость в создании мобильного приспособления, которое бы упростило и ускорило вышеуказанный процесс.

На основе методики, представленной в [3] была разработана установка для контроля слеживаемости гранулированных и пылевидных минеральных удобрений (рисунок).

В действительности, процесс слеживаемости является кристаллизационным, и его скорость зависит от температуры. Оптимальной считается температура агломерации 4-50 С, при более высокой температуре возможно термическое разложение некоторых удобрений [3].



**Рисунок. Устройство для определения слеживаемости минеральных удобрений**

Принцип работы предлагаемого устройства заключается в следующем: стрела 4 приводится в вертикальное положение, а контейнер 2 помещаются пакеты с пробами минеральных удобрений. Пакеты между собой разделены планками 11. После этого стрела 4 приводится в горизонтальное положение и на нагрузочную штангу 21 навешиваются грузы 1.



Стоит учесть тот факт, что давление на образец должно моделировать давление на нижний слой продукта как по величине, так и по направлению.

### **Результаты исследований.**

В качестве единого было принято давление 0,028 МПа, приблизительно равное давлению, оказываемому на нижний слой продукта в основании штабеля высотой около 2 м.

Общее уравнение слеживаемости можно записать в виде [5]:

$$\sigma = a(W - W_0)^{nW}(T - T_0)^{nT}[1 - \exp(-k\tau)]F_{сж}/D_{ч}, \quad (1)$$

где  $W_0$  и  $T_0$  - пороговые значения влажности;  $a$  - численный коэффициент;  $F_{сж}$  - сила давления на образец;  $\sigma$  - критерий прочности образца (напряжение).

Процесс слеживаемости протекает во времени и по достижении максимального уровня при данных значениях температуры и влажности прекращается. Этот промежуток должен быть определен экспериментально для каждого удобрения.

### **Заключение.**

Представленное техническое решение позволит повысить эффективность погрузо-разгрузочных и складских работ при погрузке минеральных удобрений, проводить экспресс оценку качества минеральных удобрений и снизить затраты на приобретение специального оборудования.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. ГОСТ 21560.5-82. Удобрения минеральные. Метод определения рассыпчатости.
2. СНиП II-108-78 Склады сухих минеральных удобрений и химических средств защиты растений [Электронный ресурс]
3. Автоматизированная справочная система «Сельхозтехника» [Электронный ресурс] URL: [https://www.agrobase.ru/catalog/machinery/machinery\\_f54b08a5-e4aa-4bd4-945d-3f2f87394ce7](https://www.agrobase.ru/catalog/machinery/machinery_f54b08a5-e4aa-4bd4-945d-3f2f87394ce7)
4. Ведомственные нормы технологического проектирования складов твердых минеральных удобрений и химических мелиорантов [Электронный ресурс] URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293852/4293852020.pdf>
5. НТП-АПК 1.10.13.001-03 нормы технологического проектирования нормы технологического проектирования складов твердых минеральных удобрений и химических мелиорантов. ФГНУ НИЦ "Гипронисельхоз" № 12 – Москва: 2003.
6. Николаева, Н.В. Контроль содержание влаги в минеральных удобрениях при бестарном хранении и транспортировке // Н.В. Николаева, В.В. Соколов, И.А. Почиталкина. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kontrol-soderzhaniya-vlagi-v-mineralnyh-udobreniyah-pri-bestarnom-hranenii-i-transportirovke>

7. Мини-экспресс-лаборатория «Анализ удобрений» [Электронный ресурс]. URL: [https://christmasplus.ru/catalog/oborudovanie\\_dlya\\_analiza\\_pochvy/laboratorii\\_dlya\\_analiza\\_udobreniy/mini\\_ekspress\\_laboratoriya\\_analiz\\_udobreniy\\_12\\_vidov\\_udobreniy/](https://christmasplus.ru/catalog/oborudovanie_dlya_analiza_pochvy/laboratorii_dlya_analiza_udobreniy/mini_ekspress_laboratoriya_analiz_udobreniy_12_vidov_udobreniy/)

## REFERENCES

1. GOST 21560.5-82. Mineral fertilizers. Method for determining friability.
2. SNiP II-108-78 Warehouses for Dry Mineral Fertilizers and Chemical Plant Protection Products [Electronic resource]
3. Automated Reference System «Selkhoztekhnika» [Electronic resource] URL: [https://www.agrobase.ru/catalog/machinery/machinery\\_f54b08a5-e4aa-4bd4-945d-3f2f87394ce7](https://www.agrobase.ru/catalog/machinery/machinery_f54b08a5-e4aa-4bd4-945d-3f2f87394ce7)
4. Departmental Standards for Technological Design of Warehouses for Solid Mineral Fertilizers and Chemical Ameliorants [Electronic resource] URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293852/4293852020.pdf>
5. NTP-APK 1.10.13.001-03 Standards for Technological Design of Warehouses for Solid Mineral Fertilizers and Chemical Ameliorants. Federal State Scientific Institution Research Center «Giproniselkhoz» No. 12 - Moscow: 2003.
6. Nikolaeva, N.V. Monitoring the moisture content of mineral fertilizers during bulk storage and transportation // N.V. Nikolaeva, V.V. Sokolov, I.A. Pochitalkina. [Electronic resource] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kontrol-soderzhaniya-vlagi-v-mineralnyh-udobreniyah-pri-bestarnom-hranenii-i-transportirovke>
7. Mini-express laboratory «Fertilizer Analysis» [Electronic resource]. URL: [https://christmasplus.ru/catalog/oborudovanie\\_dlya\\_analiza\\_pochvy/laboratorii\\_dlya\\_analiza\\_udobreniy/mini\\_ekspress\\_laboratoriya\\_analiz\\_udobreniy\\_12\\_vidov\\_udobreniy/](https://christmasplus.ru/catalog/oborudovanie_dlya_analiza_pochvy/laboratorii_dlya_analiza_udobreniy/mini_ekspress_laboratoriya_analiz_udobreniy_12_vidov_udobreniy/)

Научная статья

УДК 631.31 (470.44)

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЩЕЛЕВАНИЯ ПОЧВЫ С ЛОКАЛЬНЫМ ВНЕСЕНИЕМ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ**

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

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

**Аннотация.** Накопление, сохранение и рациональное использование атмосферных осадков, запасы которых формируются в основном в осенне-зимний период, является важным резервом повышения продуктивности пашни, при производстве пропашных культур в условиях засушливого земледелия. Известны технологии основной обработки почвы: плоскорезная, чизельная и технология с оборотом пласта, при которых пласт почвы в зависимости от глубины крошится в сплошную. С целью экономии энергоресурсов и количества минеральных удобрений применяется полосовая или обработки почвы технология Strip-till. На основе данных технологий разработана технология щелевания почвы с локальным внесением минеральных удобрений. Представленный способ направлен на повышение запасов влаги в глубоких горизонтах почвы, продуктивности пашни, снижение количества сорной растительности в ряду культурных растений и противодействие образованию эрозионных процессов.

**Ключевые слова:** технология, щелевание почвы, влага, атмосферные осадки, глубина, прищелевой валик, плужная подошва, сорняки, пожнивные остатки.

Original article

## **DEVELOPMENT OF A SOIL SLITTING TECHNOLOGY WITH LOCAL APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS**

***V.M. Boikov, S.V. Startsev, A.V. Pavlov, E.S. Nesterov***

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

**Abstract.** Accumulation, conservation and rational use of atmospheric precipitation, the reserves of which are formed mainly in the autumn-winter period, is an important reserve for increasing the productivity of arable land in the production of row crops in arid agriculture. The technologies of basic tillage are known: flat-cutting, chisel and technology with a layer turnover, in which the soil layer crumbles into a continuous layer depending on the depth. In order to save energy resources and the amount of mineral fertilizers, Strip-till or tillage technology is used. Based on these technologies, a technology for soil cracking with local application of mineral fertilizers has been developed. The presented method is aimed at increasing moisture reserves in the deep horizons of the soil, productivity of arable land, reducing the

amount of weeds in a number of cultivated plants and countering the formation of erosion processes.

**Keywords:** technology, soil crevice, moisture, precipitation, depth, slit roller, plow sole, weeds, crop residues.

**Введение.** Юго-Восточная территория земель сельскохозяйственного назначения, находящаяся в Левобережной части Саратовского региона расположена в области континентального климата. Малое количество атмосферных осадков, 250-300 мм в год с частыми засухами и суховеями в летний период, создают сложности при возделывании культурных растений [1,2]. Поля имеют в основном почвы каштанового типа с содержанием тяжелых и средних суглинков, подверженные воздействию водно-ветровой эрозии и занимают 22,8% в общей структуре почв области. На данном агроландшафте, как в крупных агрохолдингах, так и в крестьянско-фермерских хозяйствах ежегодно возделываются пропашные культуры - подсолнечник, кукуруза на зерно, соя. На общей площади области производство подсолнечника приближается к 1,5млн. га, кукурузы к 160 тыс. га и сои к 30 тыс. га [3]. Поэтому накопление, сохранение и рациональное использование атмосферных осадков, запасы которых формируются в основном в осенне-зимний период, является важным резервом повышения продуктивности пашни в условиях засушливого земледелия Саратовского Заволжья.

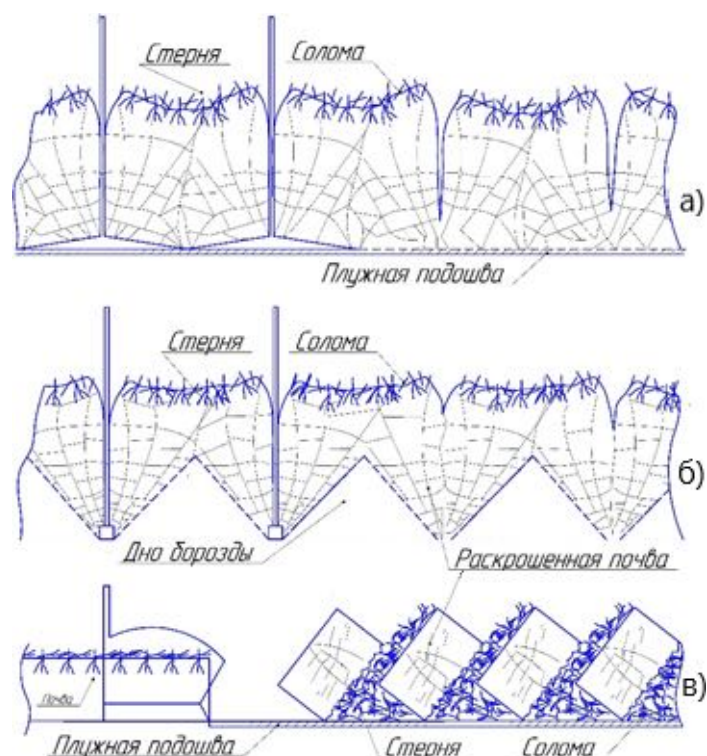
Также в условиях дефицита влаги минеральные удобрения вносить эффективнее с осени, так как осенне-зимние осадки в виде дождя и талого снега позволяют удобрениям впитаться в почву и улучшить питание культурных растений.

**Методика исследований.** В регионах засушливого земледелия один из путей получения высокого и качественного урожая культурных растений применение рациональной основной обработки почвы. Рациональная технология обработки почвы во многом определяет максимальное накопление и сбережение почвенной влаги. На рисунке 1 представлены известные технологии основной обработки почвы, рекомендуемые к применению в зонах с малым выпадением атмосферных осадков. Все эти способы предусматривают сплошное воздействие рыхлительных рабочих органов обрабатывающих орудий на подрезаемый пласт.

Технология безотвальной обработки плоскорезами-глубокорыхлителями (Рисунок 1, а) выполняемая на глубину 25-30 см позволяет сохранить более 60% стерни и пожнивных остатков на поверхности пашни [4,5]. Стерня задерживает в зимний период снег и способствует к весне накопить влагу в глубоких горизонтах почвы [6].

При чизельной технологии рыхления почвы рабочие органы размещены на раме плуга-рыхлителя без перекрытия с соседними (рисунок 1, б) [7,8]. В результате такой обработки разрушается «плужная подошва», дно борозды приобретает гребнистую форму. К поверхности поля сечение разрыхленной полосы расширяется и в междурядьях происходит сплошное крошение почвы.

Разрыхленная чизельным плугом почва позволяет быстро и свободно проникать воде в нижние горизонты. Интенсивное «впитывание» способствует накоплению продуктивной влаги, поверхностный сток переводится во внутрипочвенный, увеличивая влагозапасы [8].



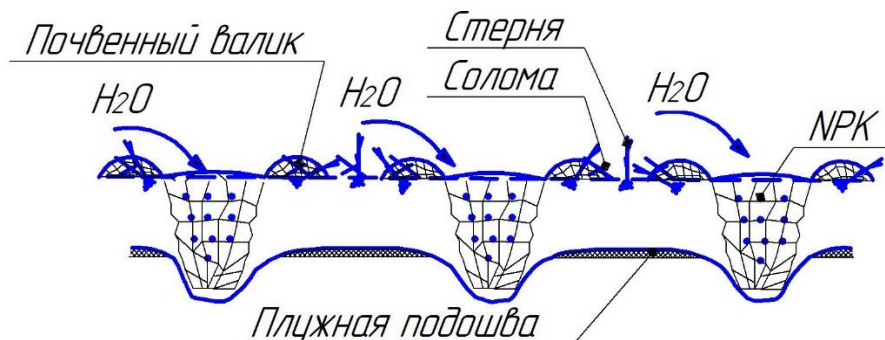
**Рисунок 1. Схема сплошной основной обработки почвы:**  
**а) плоскорезная технология; б) чизельная технология; в) отвальная технология**

Технология обработки почвы лемешно-отвальными плугами на глубину до 30 см распространена во многих регионах, не только в зонах недостаточного увлажнения (рисунок 1,в). При подрезании пласта почвы такими плугами образуется уплотненный горизонт или «плужная подошва», препятствующая проникновению влаги в нижние слои. Весной поля быстро освобождаются от снега, а темная поверхность создает условия интенсивного испарения накопленной влаги [4,7].

Известна полосовая технологий обработки почвы или технология Strip-till, когда рыхлится только узкая полоса шириной 15-25 см, а междурядья остаются нетронутыми, защищенные стерней и соломой (рисунок 2). Пожнивные остатки уменьшают испарение, противодействуют образованию водной и ветровой эрозии [9,10]. Технология обработки почвы состоит только из двух операций: рыхление осенью или весной и посев во взрыхленные полосы с внесением минеральных удобрений.

При внесении удобрений питательные вещества оказываются под семенами, благодаря чему эффективно используются, а расходы на минеральные удобрения снижаются на 30-40% [9,10]. Глубокое рыхление

полосы нарушает целостность плужной подошвы, что также положительно отражается на накоплении и потреблении влаги.

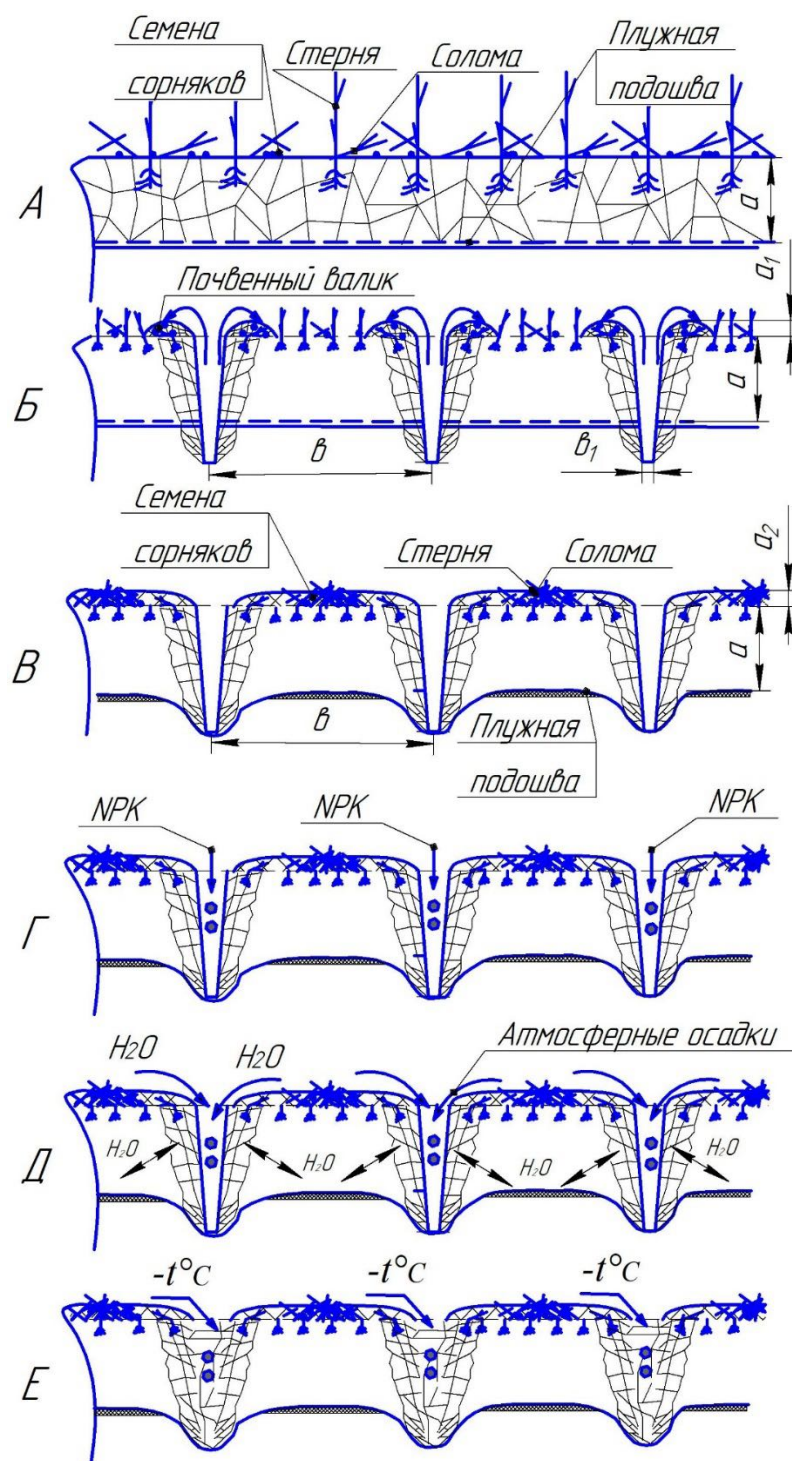


**Рисунок 2. Схема полосовой технологий обработки почвы**

Анализ технологий показывает, что основная обработка почвы по полосам способствует: первое - экономии энергоресурсов за счет обработки только части пахотного слоя; второе – экономии минеральных удобрений за счет непосредственного внесения удобрений в разрыхленную полосу.

**Результаты исследований.** Агротехнический прием, способствующий увеличению запасов влаги в почвенном горизонте - технология щелевания почвы [11,12]. Эта технология выполняется путем нарезания вертикальных щелей без выноса нижних слоев почвы на поверхность поля [11-14]. При взаимодействии щелерезных рабочих органов с пахотным слоем с каждой из боковых сторон щели образуется почвенный валик (рисунок 2). На полях после уборки зерновых или зернобобовых предшественников почвенный валик препятствует попаданию атмосферных осадков из междурядия в нарезанные щели. На орошаемых полях при уборке трав, почва из валиков может попадать в скошенную измельченную кормовую массу и наносить вред здоровью животных. Для устранения прищелевого валика необходимо почву из валиков на поверхности поля переместить в профиль открытой полосы междурядия. Учитывая преимущества технологии обработки по полосам (Strip-till) перед технологиями сплошной обработки почвы, разработана усовершенствованная технология щелевания почвы с локальным внесением удобрений, схема которой представлена на рисунке 3.





**Рисунок 3. Схема технологического процесса щелевания почвы с локальным внесением удобрений**

На поле после уборки урожая предшественника, предназначенное для посева пропашных культур (рисунок 3,а) первоначально производится нарезание щелей с междурядием шириной  $\theta$  на глубину  $a$ , при этом происходит разрушение «плужной подошвы». От действия рабочих органов шириной  $\theta_1$  почва в нижних слоях вминается в боковые стенки борозды, а из верхних частично перемещается на дневную поверхность поля, располагаясь в виде валиков с каждого края щели высотой  $a_1$  (рисунок 3,б).

В прищелевых валиках вместе с почвой находятся пожнивные остатки: измельченная солома, стерня, корни растений и семена сорняков. Затем раскрошенная почва, органика и семена сорняков из прищелевых валиков перемещается в профиль открытой полосы междурядия (рисунок 3,в) и распределяется по её поверхности. Раскрошенная почва заполняя открытую полосу образует вспушенный бугор высотой  $a_2$  (рисунок 3,в). Одновременно с нарезанием щелей в летне-осенний период в профиль открытой борозды вносятся минеральные удобрения (рисунок 3,г). Осенние дожди проникают по щелям в глубокие горизонты почвы и впитываются нераскрашенными комьями почвы в профиле полосы междурядия (рисунок 3,д). В теплый период осени часть семян сорных растений в междурядьях прорастает. В зимний период, вследствие низких температур, вода в комьях почвы замерзает, превращается в лед, разрывая комки почвы на структурные отдельности размерами от 2-х до 10-ти мм. Также от низких температур происходит гибель проросших сорняков (рисунок 3,е). К весне под действием атмосферного давления происходит усадка структурной почвы, находящейся в профиле полосы. Весной, в результате снеготаяния, с поверхности поля часть воды дополнительно поступает по нарезанным щелям и аккумулируется в толще нераскрошенной почвы.

**Заключение.** На основе известных технологий основной обработки почвы, выполняемых сплошное рыхление пласта и полосовой обработки почвы (Strip-till), разработан технологический процесс щелевания почвы с локальным внесением минеральных удобрений. Представленный способ направлен на повышение запасов влаги в глубоких горизонтах почвы, продуктивности пашни, снижение количества сорной растительности в рядке культурных растений и противодействие образованию эрозионных процессов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Изменения климата Саратовская область. [Электронный ресурс] Режим доступа: [https://www.meteoblue.com/ru/climate-change/Саратовская-Область\\_Россия\\_498671](https://www.meteoblue.com/ru/climate-change/Саратовская-Область_Россия_498671) (дата обращения 25.04.2025).
2. Иванова, Г.Ф. Изменение годовой структуры осадков и водного режима почв / Г.Ф. Иванова, Н.Г. Левицкая // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2015. Т. 15, вып. 1.-с.11-15.
3. Посевные площади сельскохозяйственных культур под урожай 2024 года. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://64.rosstat.gov.ru/> (дата обращения 25.04.2025).
4. Лощинина А.Э. Сравнительная оценка агротехнологий разной интенсивности и урожайность полевых культур в условиях Верхневолжья. Дисс-я канд-та с-х наук 06.01.01.- Иваново.2016.-138с.
5. Казаков, Г.И. Почвозащитная обработка почвы в Среднем Поволжье /Г.И. Казаков, В.А. Корчагин // Земледелие. – 2009. – №1. – С. 26-28.



6. Савоськина О.А. Влияние противоэрозионных обработок наводный режим и влагообеспеченность полевых культур / Агро XXI, №4-6, 2009-с.39-41.
7. Кузыченко Ю.А. Научное обоснование эффективности систем основной обработки почвы под культуры полевых севооборотов на различных типах почв центрального и восточного Предкавказья. Дисс-я д-ра с.х. наук. Ставрополь, 2014. -290с.
8. Бойков, В.М. Анализ зависимости влагонакопления почвы от способа её основной обработки почвы / В.М. Бойков, С.В. Старцев, А.В. Павлов, Е.С. Нестеров // Аграрный научный журнал. -№4, 2021. -С. 61-65.
9. Практика внедрения технологии Strip-till в России. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://agropost.ru/rasteniievodstvo/zemledelie/praktika-vnedreniya-tehnologii-strip-till-v-rossii.html> (дата обращения 25.04.2025).
10. Полосовая (комбинированная) технология обработки почвы «СТРИП-ТИЛЛ» (STRIP-TILL). [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://agristo.ru/Catalog/TechMain\\_Pochv\\_StripTill.html](https://agristo.ru/Catalog/TechMain_Pochv_StripTill.html) (дата обращения 25.04.2025).
11. Сидоренко, Н.Я. Эффективность щелевания почвы / Н.Я. Сидоренко, Н.И. Картамышев, В.А. Порядин // Земледелие. - 1980. №1. - с. 22-25.
12. Жаринов Е.М. Щелевание почвы – важнейший резерв экономии оросительной воды / Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса, №4(8), 2007. -с.42-47
13. Потешкин К.С. Разработка и обоснование конструктивно-режимных параметров щелевателя для сухостепной зоны Южного Урала. Автореферат дисс. канд-та техн. наук: 05.20.01. Оренбург, 2016. -22с.
14. Вишняков, В.А. Влияние технологий щелевания черноземов выщелоченных на динамику влаги в условиях неустойчивого увлажнения на Алтае / В.А. Вишняков, А.П. Дробышев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета № 3 (125), 2015. С.34-40.

## REFERENCES

1. Climate change in the Saratov region. [Electronic resource] Access mode: [https://www.meteoblue.com/ru/climate-change/Saratov\\_Region\\_Russia\\_498671](https://www.meteoblue.com/ru/climate-change/Saratov_Region_Russia_498671) (accessed 04/25/2025).
2. Ivanova, G.F. Changes in the annual precipitation structure and water regime of soils / G.F. Ivanova, N.G. Levitskaya // Izv. Sarath. The university. New ser. Ser. Earth Sciences. 2015. Vol. 15, issue 1.-pp.11-15.
3. Sown areas of crops for the harvest of 2024. [Electronic resource] Access mode: <https://64.rosstat.gov.ru/> (accessed 04/25/2025).
4. Loshinina A.E. Comparative assessment of agricultural technologies of different intensity and field crop yields in the conditions of the Upper Volga region. Dissertation of the Candidate of Agricultural Sciences 06.01.01, Ivanovo.2016.-138с.

5. Kazakov, G.I. Soil protection tillage in the Middle Volga region /G.I. Kazakov, V.A. Korchagin // Agriculture. – 2009. – No. 1. – pp. 26-28.
6. Savoskina O.A. Influence of anti-erosion treatments on flood regime and moisture supply of field crops / Agro XXI, No.4-6, 2009-pp.39-41.
7. Kuzychenko Yu.A. Scientific substantiation of the effectiveness of basic tillage systems for crops of field crop rotations on various types of soils of the central and the eastern Ciscaucasia. Dissertation by Dr. S.H. Sciences. Stavropol, 2014.-290s.
8. Boikov, V.M. Analysis of the dependence of soil moisture accumulation on the method of its main tillage / V.M. Boikov, S.V. Startsev, A.V. Pavlov, E.S. Nesterov // Agrarian Scientific Journal.-No. 4, 2021.-pp. 61-65.
9. The practice of introducing Strip-till technology in Russia. [electronic resource]. Access mode: <http://agropost.ru/rastenievodstvo/zemledelie/praktika-vnedreniya-tehnologii-strip-till-v-rossii.html> (accessed 04/25/2025).
10. STRIP-TILL (combined) tillage technology. [electronic resource]. Access mode: [https://agristo.ru/Catalog/TechMain\\_Pochv\\_StripTill.html](https://agristo.ru/Catalog/TechMain_Pochv_StripTill.html) (accessed 04/25/2025).
11. Sidorenko, N.Ya. Efficiency of soil cracking / N.Ya. Sidorenko, N.I. Kartamyshev, V.A. Ordin // Agriculture. - 1980. No. 1. pp. 22-25.
12. Zharinov E.M. Soil slitting is the most important reserve for saving irrigation water / Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo complex, №4(8), 2007.- pp.42-47
13. Poteshkin K.S. Development and substantiation of structural and operating parameters of a slitter for the dry-steppe zone of the Southern Urals. Abstract of the dissertation of the Candidate of Technical Sciences: 05.20.01. Orenburg, 2016.-22s.
14. Vishnyakov V.A., Drobyshev A.P. The influence of leached chernozem slitting technologies on moisture dynamics under unstable humidification conditions in Altai // Bulletin of the Altai State Agrarian University No. 3 (125), 2015. pp.34-40.

## ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ДЛЯ ПОСЕВА ОЗИМЫХ КУЛЬТУР В ПОВОЛЖЬЕ. РАННИЙ ПАР. ЧАСТЬ II

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

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

**Аннотация.** Рассмотрены известные способы подготовки чистого раннего пара под посев озимых культур в условиях Саратовского Поволжья. Исследованы технологии обработки почвы, применяемые технические средства с выполнением отвальной вспашки и мелкой обработки почвы, их ширина захвата и глубина обработки почвы, сроки проведения операций. Рассмотрен вариант подготовки раннего пара после пропашных предшественников, культур с большой высотой пожнивных остатков. Применяемые способы обработки почвы в агроландшафтах недостаточного количества выпадаемых атмосферных осадков, послужат основой разработки ресурсосберегающей экологически безопасной технологии подготовки паровых полей.

**Ключевые слова:** Технология, почва, ранний пар, плуг, луцильник, борона, культиватор, глубина, ширина захвата, влага, сорняки.

Original article

## TECHNOLOGIES OF TILLAGE FOR SOWING WINTER CROPS IN THE VOLGA REGION. EARLY STEAM. PART II

*V.M. Boikov, S.V. Startsev, A.V. Pavlov, E.S. Nesterov*

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

**Abstract.** The known methods of preparing pure early steam for sowing winter crops in the conditions of the Saratov Volga region are considered. The technologies of tillage, the technical means used to perform dump plowing and shallow tillage, their capture width and depth of tillage, and the timing of operations are studied. The option of preparing early steam after rowed predecessors, crops with a high height of crop residues, is considered. The applied methods of tillage in agrolandscapes with insufficient precipitation will serve as the basis for the development of a resource-saving, environmentally friendly technology for preparing steam fields.

**Keywords:** technology, soil, early steam, plow, husker, harrow, cultivator, depth, width of grip.

**Введение.** При производстве зерновых культур в Поволжском регионе особую важность занимают озимые зерновые культуры, площадь возделывания

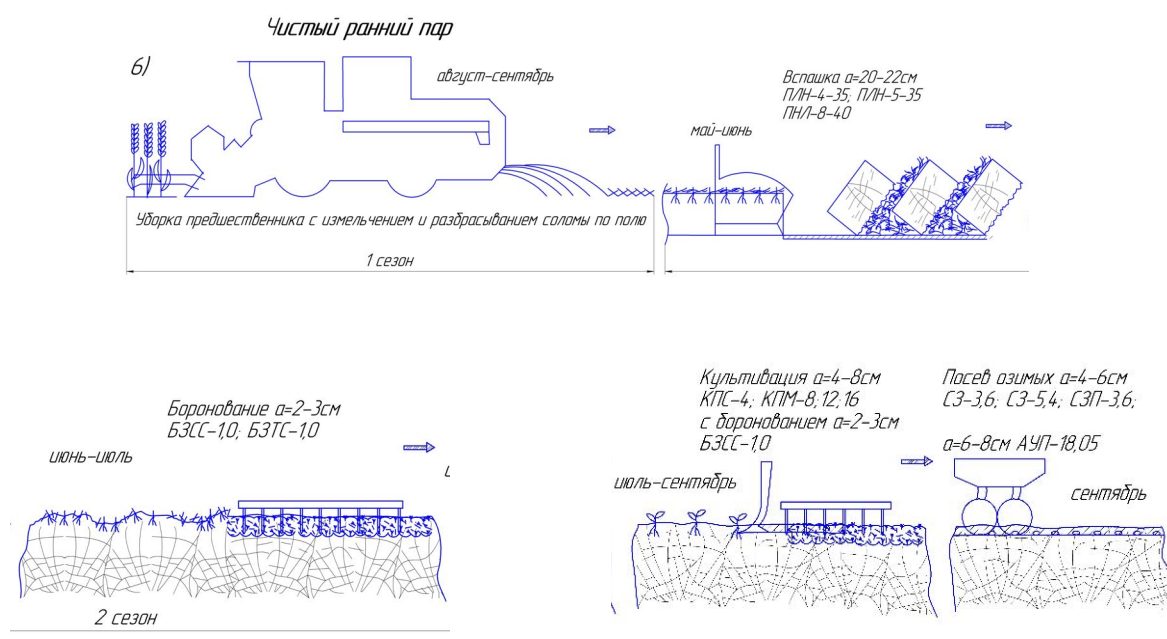
которых занимает около 3 млн га. Только в Саратовской области в 2024 году озимыми культурами засеяна площадь более 1 млн. 215 тыс. га [1]. Причем регионы Нижнего Поволжья находятся в зоне с малым количеством выпадающих осадков и достижение высоких урожаев обеспечивается возделыванием озимых культур в севооборотах после парового поля [2]. Поэтому к выполнению технологий основной обработки почвы и последующим работам ухода за паром уделяется большое внимание.

Улучшение водно-физических свойств, влагообеспеченности и технологических показателей, а также условий произрастания растений зависит от применяемых способов и технических средств, глубины обработки парового поля [2]. Паровое поле за один сезон надо очистить от всех видов сорняков, поверхность поля тщательно выровнить, обеспечить оптимальную плотность почвы для нормального развития растений после высева в осенний период и хорошей их перезимовки. Такое технологическое решение выполнимо использованием рациональной системы обработки почвы для конкретного агроландшафта, климата и состава почвы. Ранний пар отличается от чистого черного пара тем, что на поле, на котором выполняется основная наиболее глубокая обработка почвы, проводится летом или осенью предшествующего парованию года. То есть ранний пар – это чистый пар, обработка которого начинается весной, в год, когда поле отводится под пар. На таком поле отсутствуют осенние обработки вслед за убранный культурой.

Ранний пар имеет на много меньшую эффективность, чем черный. Не прошедший обработку с осени, вышедший из-под снега уплотненный грунт содержит меньше влаги накопленной за зиму. В полусухой земле сорняки произрастают очень слабо, поле невозможно качественно очистить от сорных растений [3-5].

**Методика исследований.** Изучались известные и применяемые в условиях Саратовского Поволжья технологии обработки почвы и посева, комплекс технических средств для производства озимых культур. Анализируя сроки выполняемых работ, способы воздействия рабочих органов технологических комплексов на почву, технические характеристики машин, показатели работы почвообрабатывающих орудий, установлены возможные схемы технологий возделывания озимых в зоне сухого земледелия.

**Результаты исследований.** Комплекс обработки почвы под озимые культуры по раннему пару включает один период, который состоит из основной обработки почвы весной и весенне-летнего ухода за этой почвой в текущем году. На рисунке 1 приведена схема технологии обработки почвы чистого раннего пара с применением вспашки.

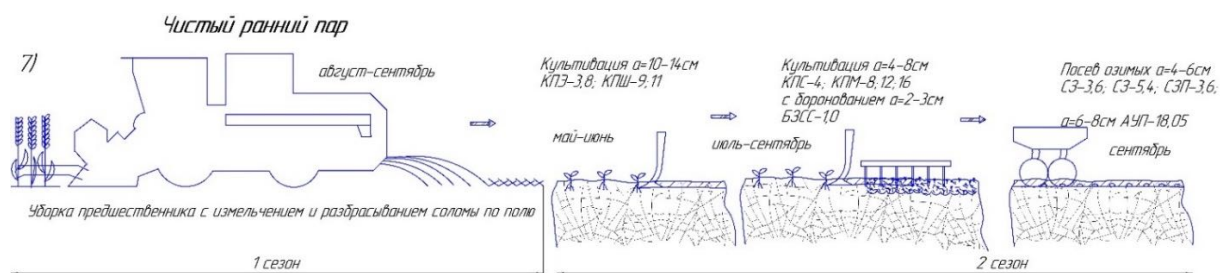


**Рисунок 1. Схема подготовки чистого раннего пара с использованием вспашки**

Чистый ранний пар применяется, когда осенний период очень короткий и после уборки яровых культур не остается времени для обработки почвы. Основной принцип раннего пара заключается в том, что обработка почвы проводится в самые ранние сроки после таяния снега и до начала посева озимых культур в течении одного сезона. В этот период почва еще влажная, а сорняки и семена вредных растений только начинают прорастать.

После уборки на поле остаются пожнивные остатки и измельченная разбросанная солома предшественников (1 сезон рис.1), в таком случае важное значение в регулировании водного, воздушного и пищевого режимов паров имеют способы заделки соломы и обработки почвы. По схеме (рис.1) весной после созревания почвы выполняется вспашка на глубину 20-22 см лемешно-отвальными плугами ПЛН (шириной 1,05-3,2 м) или ПБС (шириной 1,8-4,8 м). Затем пашню боронуют зубowymi боровами (средними БЗСС-1,0 или тяжелыми БЗТС-1,0) на глубину 2-3 см для выравнивания обработанной поверхности и снижения испарения влаги. В течении лета по мере развития сорняков почву культивируют несколько раз паровыми широкозахватными культиваторами типа КПС, КПМ, КШУ (агрегатами шириной 4-16 м) на глубину сначала от 10-12 см, затем уменьшая до 5-6 см. Лучший эффект дает комбинация парового культиватора с зубowymi боровами. Число поверхностных обработок зависит от погодных условий года, степени и характера засоренности полей. Посев озимой пшеницы проводят в середине-конце сентября сеялками СЗ, СЗП на глубину 4-6 см, а в засушливых районах с использованием посевных комплексов АУП-18, «Агромастер», «Омичка» на глубину 6-8 см [6,7].

На рисунке 2 приведена схема технологии обработки почвы чистого раннего пара без операции вспашки.



**Рисунок 2. Схема подготовки чистого раннего пара с использованием мелкой обработки почвы**

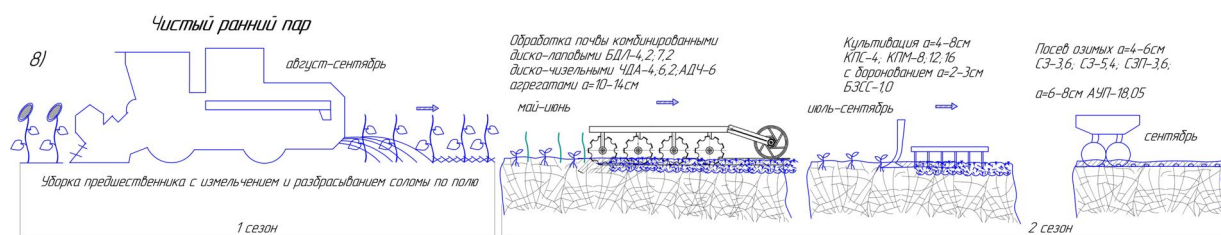
В засушливых районах при обработке черных паров на эрозионноопасных почвах, для снижения развития пыльных бурь, применяется почвозащитная технология, предусматривающая возможность сохранения пожнивных растительных остатков на поверхности поля. При обработке паровых площадей во второй половине лета необходимо учитывать, что любая обработка почвы, особенно в жаркую погоду, связана со значительными потерями влаги. Лучшему сохранению влаги в верхних слоях почвы способствует формирование верхнего мелкокомковатого мульчирующего слоя толщиной 5-6 см, в засушливые годы 7-8 см. Этот слой способствует снижению температуры почвы в наиболее жаркие часы и предотвращает подток влаги из нижележащих слоев. Во второй половине лета необходимо полностью исключить глубокие культивации и применение дисковых орудий.

В течении сезона (рис.2) ведут обработку чистого раннего пара безотвальным рыхлением. Весной после прогревания почвы и при появлении сорняков поле обрабатывают с использованием противоэрозионных культиваторов КПЭ-3,8 или широкозахватных культиваторов-плоскорезов КПШ-9; КПШ-11 на глубину 10-14 см. В последствии с июля по сентябрь культивация КПС, КПМ, КШУ на глубину 4-8 см совмещается с боронованием на глубину 2-3 см. Посев озимой пшеницы проводят в середине-конце сентября стерневыми посевными комплексами АУП-18, «Агромастер», «Омичка» на глубину 6-8 см, а при достаточном увлажнении почвы сеялками СЗ, СЗП на глубину 4-6 см.

На рисунке 3 приведена схема технологии обработки почвы чистого раннего пара по пропашным предшественникам.

После уборки таких культур как подсолнечник, кукуруза на зерно, рапс на поле остается много пожнивных остатков различной массы и геометрической формы. Особенно на полях после подсолнечника, убираемого поздно осенью остаются высокие стебли и как правило подсолнечник в севообороте идет под пар [8,9].

На следующий год после завершения весеннего сева основных культур, в конце мая начале июня почва на таких полях пересыхает, порой зарастает сорняками и всходами падалицы подсолнечника. В связи с этим требуется глубокая обработка почвы с измельчением и перемешиванием растительных остатков и отросших сорняков.



**Рисунок 3. Схема подготовки чистого раннего пара по пропашным предшественникам**

Применение вспашки под озимую пшеницу после пропашных культур, вызывает образование большой глыбистости и сильное иссушение пахотного слоя. Если накануне сева не выпадает большое количество осадков, такую почву не удастся разделить до требуемого состояния.

Получить своевременные и дружные всходы, хорошо развитые растения озимых с осени можно лишь при условии замены вспашки мелкой или поверхностной обработкой. Технология и выбор орудий при этом зависит от степени крошения почвы и засоренности полей. На рисунке 3 приведена технология обработки чистого раннего пара после пропашных предшественников по которой такой фон вначале обрабатывают комбинированными диско-лаповыми агрегатами БДЛ-4,2; БДЛ-7,2 (ширина захвата от 4,2 до 7,2 м), чизельно-дисковыми агрегатами ЧДА-4; ЧДА-6,2; АДЧ-6 (ширина захвата 4,0-6,2м) на глубину 10-14см. В течении лета (июль-сентябрь) поле культивируют орудиями КПС, КПК, КШУ на глубину 4-8 см, при необходимости вычищения корневых остатков, совмещают с боронованием зубowymi боронами на глубину 2-3 см. Посев озимой пшеницы проводят в середине-конце сентября сеялками СЗ, СЗП на глубину 4-6см, а в засушливых районах с использованием посевных комплексов АУП-18, «Агромастер», «Омичка» на глубину 6-8 см.

**Заключение.** Анализ технологий обработки почвы под посев озимых культур в условиях Саратовского Поволжья для подготовки чистого раннего пара показал, технологии различаются по принципам построения технологической цепи операций, способам механических воздействий на почву и энергоемкости процессов, способам утилизации незерновой части урожая предшественника. Наиболее эффективными способами подготовки почвы, уменьшающими использование влаги в весенне-летний период как после зерновых, так и после пропашных предшественников является обработка дисковыми или комбинированными диско-лаповыми, диско-чизельными агрегатами с последующей доработкой культиваторами на мелкую глубину. Борьба с сорной растительностью в пару сводится к многократным культивациям, совмещенным с боронованием. Ранний пар менее эффективен в сравнении с черным в следствии отсутствия предзимней глубокой обработки почвы, способствующей накоплению влаги в осенне-зимний период.

Несмотря на разнообразие и совершенство известных способов и комплекса машин обработки почвы необходим поиск рациональной



экологически безопасной технологии подготовки парового поля под посев озимых культур в зоне недостаточного увлажнения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В Саратовской области засеяно почти 65 процентов площадей озимых под урожай-2024. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://salt.news/selskoe-hozyajstvo/v-saratovskoj-oblasti-zaseyano-pochti-65-procentov-ploshhadej-ozimyh-pod-urozhaj-2024/?ysclid=lpb31d5zsj256355751>. (дата обращения 25.03.2025).
2. Перспективная ресурсосберегающая технология производства озимой пшеницы: метод. рек. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. - 68 с.
3. Практическое руководство по проведению осеннего сева на территории Волгоградской области с учетом складывающихся условий 2021 года. Волгоград, ИПК ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ «Нива», 2021. - 39с.
4. Камбулов, С.Н. Влияние предшественников и технологий обработки на развитие сорняков / С.Н. Камбулов, В.Б. Рыков, В.В. Колесник, Е.И. Трубилин // Научный журнал КубГАУ, №147(03), 2019.с.1-10.
5. Попов А.С. Технологические элементы интенсификации возделывания твердой озимой пшеницы в степной зоне Северного Кавказа. Дисс-я докт-ра с.х наук, Зерноград, 2020. – 356с.
6. АгроБаза — все о сельхозтехнике и сельском хозяйстве. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.agrobase.ru/>(дата обращения 29.01.2024).
7. Старцев, С.В. Альбом-справочник по производственной эксплуатации машинно-тракторного парка/ С.В. Старцев, А.С. Старцев, Д.Г. Горбань - Саратов, 2011. - 322 с.
8. Савчук С.В. Способы основной обработки чистого пара под озимую пшеницу на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья // Известия ОГАУ, №26-1, 2010. - с.24-27.
9. Сивашов В.Ю. Обработка почвы под озимую пшеницу после непаровых предшественников в южной зоне Ростовской области. Автореферат канд-та с.х. наук. п.Рассвет. 2007.-26с.

## REFERENCES

1. In the Saratov region, almost 65 percent of the winter crop area has been sown for 2024. [Electronic resource]. Access mode: <https://salt.news/selskoe-hozyajstvo/v-saratovskoj-oblasti-zaseyano-pochti-65-procentov-ploshhadej-ozimyh-pod-urozhaj-2024/?ysclid=lpb31d5zsj256355751>. (accessed 25.03.2025).
2. Promising resource-saving technology for winter wheat production: method. rec. M.: Federal State Budgetary Institution "Rosinformagrotech", 2009. - 68 p.
3. A practical guide to conducting autumn sowing in the Volgograd region, taking into account the prevailing conditions in 2021. Volgograd, IPK FGBOU VO Volgograd State Agrarian University "Niva", 2021.- 39с.



4. Kambulov, S.N. The influence of precursors and processing technologies on the development of weeds / S.N. Kambulov, V.B. Rykov, V.V. Kolesnik, E.I. Trubilin // Scientific Journal of KubGAU, No.147(03), 2019. pp.1-10.
5. Popov A.S. Technological elements of intensification of cultivation of hard winter wheat in the steppe zone of the North Caucasus. Dissertation of the Doctor of Agricultural Sciences, Zernograd, 2020. – 356s.
6. Agrobase - all about agricultural machinery and agriculture. [electronic resource]. Access mode: <https://www.agrobase.ru/> (accessed 29.01.2024).
7. Startsev, S.V. Album-handbook on the production operation of the machine and tractor fleet/ S.V. Startsev, A.S. Startsev, D.G. Gorban - Saratov, 2011. - 322 p.
8. Savchuk S.V. Methods of basic processing of pure steam for winter wheat on the chernozems of the southern Orenburg Urals // Izvestiya OGAU, .No.26-1, 2010.- pp.24-27.
9. Sivashov V.Yu. Tillage for winter wheat after non-fallow precursors in the southern zone of the Rostov region. Abstract of the Candidate of Agricultural Sciences. p.Sunrise. 2007.-26

## РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ НА ИСКУССТВЕННЫХ СРЕДАХ БЕЗ ПОЧВЫ

*А.С. Звонова, А.С. Фирсов*  
ФГБОУ ВО Тверская ГСХА

**Аннотация.** В статье представлен стенд для выращивания растений без использования почвы. Опыт выращивания растений проводился на базе кафедры ТТМиК в ФГБОУ ВО Тверская ГСХА.

**Ключевые слова:** гидропоника, выращивание культуры без почвы, субстрат, стенд для гидропоники

**Введение.** Современное сельское хозяйство требует производительности и больших объемов продукции на меньшей площади при минимальных затратах человеческих ресурсов и природных ресурсов. Новые технологии позволяют выращивать экологически чистую продукцию круглогодично с минимальными затратами. Это новое направление в сельском хозяйстве объединяет передовые инженерные и информационно-технологические решения, а также новые бизнес-модели, направленные на обеспечение будущих городских жителей продуктами питания при снижении логистических и транспортных расходов.

Гидропоника – это способ выращивания растений на искусственных средах без почвы, обладающих рядом преимуществ. Вместо грунта садовод использует субстрат, удерживающий представителя флоры, а также питательную жидкость, в которой постоянно или периодически находится его корневая система [1].

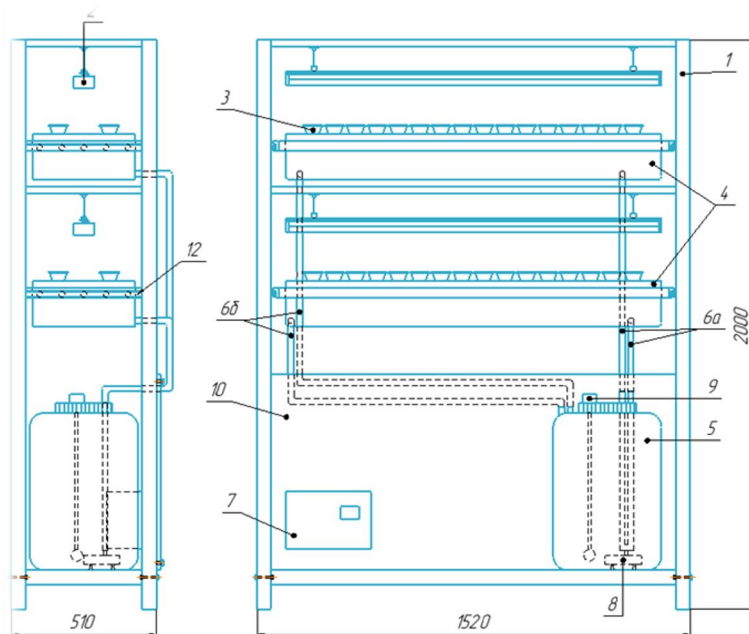
Отсутствие грунта также позволяет строго контролировать количество питательных веществ, получаемых растением, а в случае их переизбытка, быстро заменить раствор. Такая среда является полностью стерильной, что исключает появление грибков и вредителей [2].

Один из способов выращивания сельскохозяйственных растений - использование гидропонных установок. Этот метод выращивания имеет ряд преимуществ: уменьшается выброс загрязняющих атмосферу газов, возникает возможность производить экологически чистую продукцию на небольших площадях с высокой урожайностью. Кроме того, этот способ постоянно улучшается, если к нему подходить творчески. Выращивание на гидропонике предлагает широкие возможности не только для увеличения производства вкусных овощей и фруктов, но и для снижения негативного влияния человеческой деятельности на окружающую среду [3].

Гидропонный метод выращивания растений обладает рядом преимуществ - значительно повышается урожайность плодовых культур и усиливается

цветение декоративных растений, растения не накапливают вредные элементы, такие как ядовитые органические соединения, избыток нитратов, радионуклиды и тяжелые металлы, которые могут содержаться в почве, отсутствует необходимость ежедневного полива, так как расход воды в гидропонике легче контролировать, гидропоника исключает проблемы, связанные с пересыханием и недостатком кислорода при почвенном выращивании, а также с переувлажнением, пересадка многолетних растений при использовании гидропоники значительно упрощается, так как корни травмируются меньше, чем при пересадке в почву, возможно избежать проблем с вредителями, грибковыми заболеваниями и другими болезнями, которые могут возникать у растений, растущих в почве, отпадает необходимость в применении новой почвы, что снижает затраты на выращивание комнатных растений [4].

На базе ФГБОУ ВО Тверская ГСХА собрана гидропонная установка (рисунок 1). Стенд для выращивания растений состоит из металлического каркаса, на котором закреплены полки с размещенными на них пластиковыми трубами, в которых протекает питательный раствор, а также есть посадочные места для горшков с растениями. Стенд оснащен системой светильников с фитолампами, внизу расположена емкость для свободного питательного раствора, который посредством насоса циркулирует по полипропиленовым трубам [5].



**Рисунок 1. Гидропонная установка: 1 – корпус стенда; 2 – фитолампы; 3 – лотки с горшочками; 4 – контейнеры с питательным раствором; 5 – бак с питательным раствором; 6а – поступающий трубопровод; 6б – откачивающий трубопровод; 7 – блок управления; 8 – насос; 9 – аэратор; 10 – задняя стенка стеллажа; 11 – направляющие**

Стенд состоит из рамы 1, которая оснащена выдвижными полками. На верхней части каркаса, при помощи раздвижных креплений регулируются фитолампы. Тип стенда - многоярусный. Для удобного сбора урожая на выдвижных полках имеются отверстия для контейнеров.

На нижней полке располагаются бак с питательным раствором, в котором находятся насос для перекачки раствора и аэратор, для насыщения раствора кислородом. Раствор от бака проходит через гибкие шланги. Система, для этого стенда – это система питательного слоя. Шланги будут накачивают воду в лотки, а потом перекачивают раствор обратно в бак. Циклическая система позволяет постоянно насыщать раствор кислородом.

Стенд (рисунок 1) спроектирован для гидропонной системы водных культур. Эта система подходит для выращивания салата. В контейнерах пенопластовая платформа, в которой горшочки с салатом. Насос качает раствор от бака, а аэратор насыщает раствор кислородом [5].

Представленный стенд полностью автоматизирован. В нижней части стенда на задней стенке располагается блок управления, к которому подключается насос, аэратор, освещение и датчики для сбора данных. Блок управления подключен к фитолампам, которые будут отключаться и включаться в нужное время. В зависимости от фазы роста, время работы освещения меняется. Вегетативная стадия (от прорастания до формирования): 14-16 часов в день. Формирование кочана: 12-14 часов в день. Блок работает на системе Arduino. Система Arduino — это гибкая и популярная платформа для разработки проектов в области электроники, робототехники и автоматизации. Она состоит из микроконтроллера (основного компонента) и набора аппаратных и программных инструментов. При помощи этой системы, программируются датчики для сбора информации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рассел, Д. Гидропоника/ Джесси Рассел. - Изд. 2-е, перевод на рус.яз. Москва: Аспект-Пресс, 2012. - 121 с.;
2. Бурганская Т.М. Основы декоративного садоводства / Т.М. Бурганская. Минск: Высшая школа, 2012. - 361 с.;
3. Чесноков В.А. Выращивание растений без почвы [Текст] / В.А. Чесноков, Е.Н. Базырина, т.М. Бушуева, Н.Л. Ильинская. Изд-во: Ленинградского университета, 1960. - 169 с.;
4. Звонова А.С., Фирсов А.С. Технология для выращивания растений без использования почвы с проектированием стенда для проращивания рассады. // Перспективы инновационного развития в агротехнических и энергетических системах. Материалы Международной научно-практической конференции. Балашиха, 2024. С. 158-164.
5. Голубев В.В., Блинов Ф.Л., Гржива П.И., Звонова А.С. Разработка стенда для выращивания растений на искусственных средах без почвы в ФГБОУ ВО Тверская ГСХА. // Студенческая наука. Сборник научных трудов

по материалам 52-ой научно-практической конференции студентов и молодых ученых. Тверь, 2024. С. 267-269.

## REFERENCES

1. Russell, D. Hydroponics / Jesse Russell. - 2nd ed., translated into Russian. Moscow: Aspect-Press, 2012. - 121 p.;
2. Burganskaya, T.M. Basics of Ornamental Gardening / T.M. Burganskaya. Minsk: Vysshaya shkola, 2012. - 361 p.;
3. Chesnokov, V.A. Growing Plants Without Soil [Text] / V.A. Chesnokov, E.N. Bazyrina, T.M. Bushueva, N.L. Ilyinskaya. Publisher: Leningrad University, 1960. - 169 p.;
4. Zvonova, A.S., Firsov, A.S. Technology for Growing Plants Without the Use of Soil with the Design of a Stand for Germinating Seedlings. // Prospects for Innovative Development in Agrotechnical and Energy Systems. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Balashikha, 2024. pp. 158-164.
5. Golubev V.V., Blinov F.L., Grzhiva P.I., Zvonova A.S. Development of a Rig for Growing Plants in Artificial Media Without Soil at the Tver State Agricultural Academy. // Student Science. Collection of Scientific Papers Based on the Materials of the 52nd Scientific and Practical Conference of Students and Young Scientists. Tver, 2024. pp. 267-269.

## ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РОТАЦИОННОГО ПЛУГА ДЛЯ МОТОБЛОКОВ

*Д.Е. Костычев, С.В. Большаков, В.П. Никитин, В.Ф. Купряшкин*

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет,  
г. Саранск, Россия

**Аннотация.** В статье приведено описание конструкции навесного ротационного плуга для мотоблоков и обоснование его конструктивно-технологических параметров.

**Ключевые слова:** навесной ротационный плуг, мотоблок, основная обработка почвы

Original article

## JUSTIFICATION OF THE DESIGN PARAMETERS OF A ROTARY PLOUGH FOR TILLERS

*Kostychev D.E., Bolshakov S.V., Nikitin V.P., Kupryashkin V.F.*

National Research Mordovian State University  
Saransk, Russia

**Abstract.** the article describes the design of a mounted rotary plough for tillers and substantiates its design and technological parameters.

**Key words:** mounted rotary plough, tillerblock, basic tillage

### Введение.

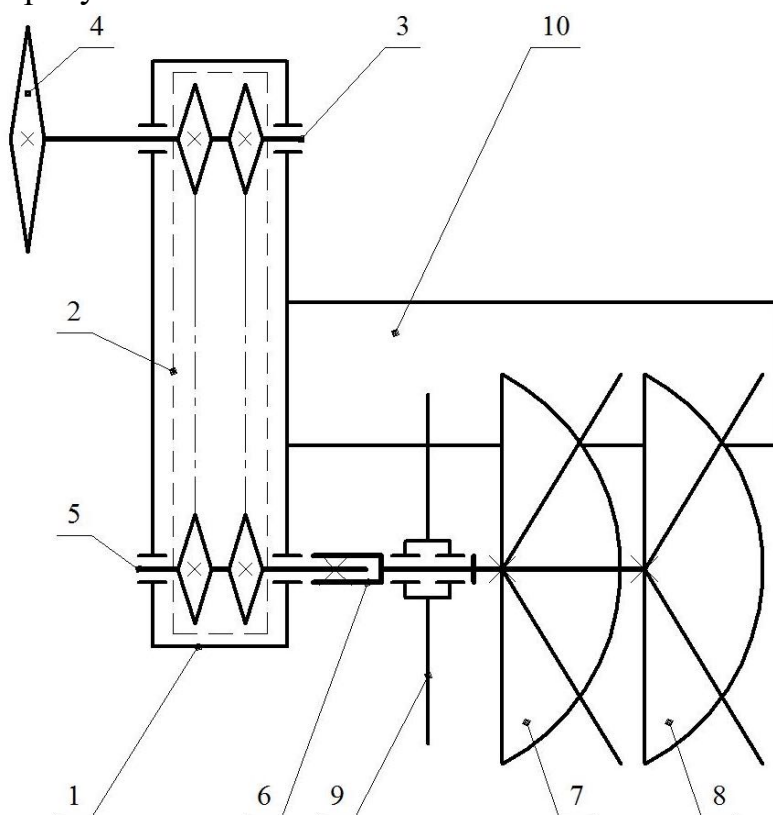
В настоящее время для основной обработки почвы при возделывании картофеля и овощей на приусадебных участках населения достаточно широко используются мотоблоки в агрегате с лемешно-отвальными плугами [1]. Однако особенности конструкции и характеристики мотоблоков не позволяют обеспечить высокую производительность и качество обработки почвы. При этом, как показывает опыт применения орудий с активными рабочими органами (АРО) – ротационных плугов для основной обработки почвы способствует охранению и улучшению физико-механических свойств почвы и фитосанитарных условий почвенной среды; уничтожению сорной растительности; созданию благоприятных условий для размножения и деятельности микроорганизмов, прорастания семян, роста и развития растений [2, 3, 4]. Кроме этого роторные плуги способны обрабатывать почву на глубину 25-30 см при затрачивании минимальных усилий. Отличительной особенностью конструкции ротационных плугов является минимальное тяговое сопротивление и возможность осуществлять обработку по различным

траекториям [5], что особенно важно для мотоблоков и их применения при обработке почвы на приусадебных участках.

### **Методика исследований.**

Учитывая опыт разработки и практического применения ротационного плуга с эллиптическими лопастями для трактора тягового класса 1.4 была предложена кинематическая схема навесного ротационного плуга агрегатирования с мотоблоками (Рационализаторское предложение ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва» №1241 от 22.05.2024 г. «Навесной ротационный плуг с эллиптическими лопастями для мотоблоков» с обоснованием конструктивно-технологических параметров.

Кинематическая схема предлагаемого навесного ротационного плуга представлена на рисунке 1.



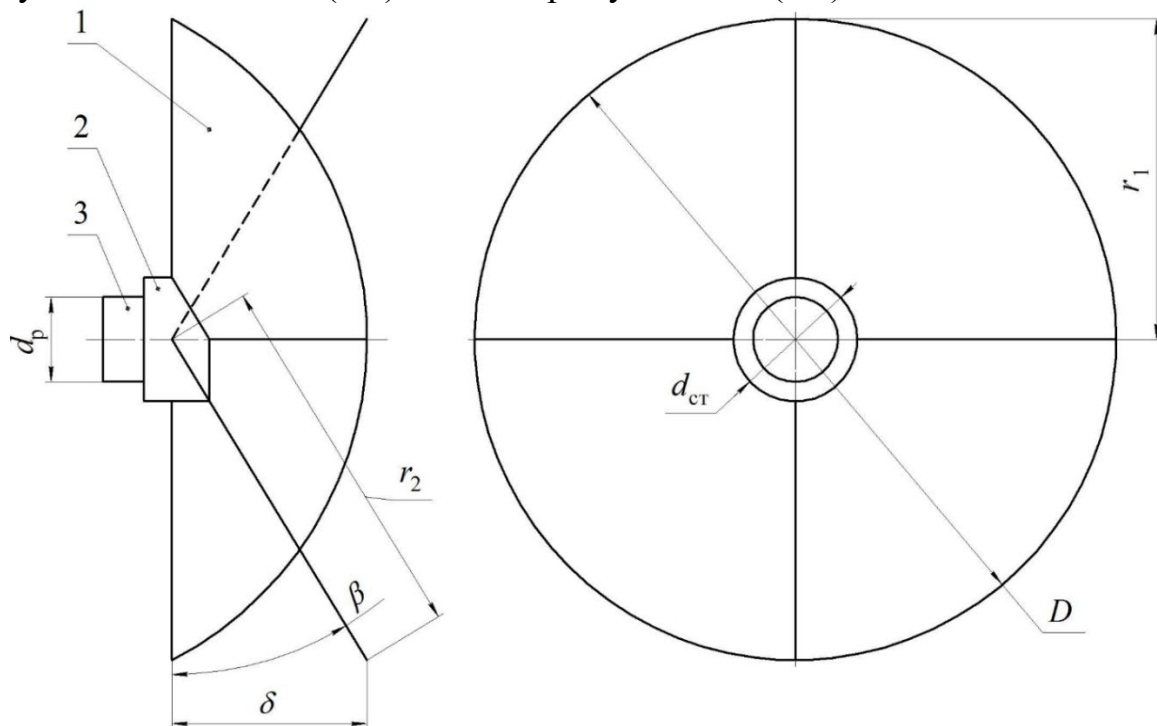
**Рисунок 1. Кинематическая схема навесного ротационного плуга для мотоблока: 1 – корпус; 2 – двухрядная цепная передача; 3 – ведущий вал; 4 – ведомая звездочка; 5 – ведомый вал, 6 – приводной вал; 7 и 8 – однотипные роторы с эллиптическими лопастями; 9 – дисковый стабилизатор; 10 – защитный кожух**

Навесной ротационный плуг с эллиптическими лопастями для мотоблоков, представляет собой расположенные в корпусе 1 и кинематически соединенные между собой двухрядной цепной передачей 2 ведущий вал 3 с установленной на его свободном конце ведомой звездочкой 4 необходимой для его привода и ведомый вал 5, на свободном конце которого закреплен

приводной вал 6 с закрепленными на нем неподвижно односторонними роторы 7 и 8 с эллиптическими лопастями и шарнирно установленным дисковым стабилизатором 9. На корпусе 1 также установлен защитный кожух 10.

### Результаты исследований.

К основным конструктивно-технологическим параметрам роторов с эллиптическими лопастями (рисунок 2) относятся [5]: диаметр ротора  $D$  (мм), угол наклона лопастей  $\beta$  (градус), ширина захвата лопасти  $\delta$  (мм); кинематический показатель  $\lambda$ , количество лопастей  $z$ ; малый и большой радиусы эллипса  $r_1$  и  $r_2$  (мм) и диаметр ступицы  $d_{ст}$  (мм).



**Рисунок 2. Конструктивные параметры ротора с  
Эллиптическими лопастями: 1 – эллиптическая лопасть;  
2 – ступица; 3 – вал ротора**

Согласно рекомендациям [5, 6], диаметр ротора с эллиптическими лопастями при глубине обработки равной  $h = 250$  мм должен находиться в пределах  $D = 540...580$  мм. Принимаем –  $D = 580$  мм.

Для определения угла наклона эллиптических лопастей  $\beta$  (градус) воспользуемся исследованиями [5], где рекомендуется принимать  $\beta = 20...30^\circ$ . В нашем случае примем  $\beta = 30^\circ$ .

Далее исходя из условия определим значения кинематического показателя  $\lambda$ :

$$\lambda \geq \frac{1}{(1 - \xi)}, \quad (1)$$

где  $\xi$  – коэффициент относительного заглубления; согласно рекомендациям [5] для ротационных плугов с эллиптическими рабочими органами рекомендуется принимать  $\xi = 0,3...0,7$ . В нашем случае принимаем –  $\xi = 0,5$ .



$$\lambda \geq \frac{1}{(1 - 0,5)} = 2.$$

Далее определим количество лопастей  $z$ .

Для обеспечения соблюдения агротехнических требований, предъявляемых к основной обработке почвы и рекомендаций, изложенных в литературных источниках [5, 6] при заданных конструктивных параметрах (угол наклона эллиптической лопасти  $\beta = 30^\circ$  и режимах работы  $\lambda = 2 \dots 2,5$  необходимо иметь четыре лопасти ( $z = 4$ ).

Ширину захвата лопасти  $\delta$  (мм) определим из рисунка 2.5 по формуле:

$$\delta = \frac{D}{2} \sin \beta = \frac{580}{2} \sin 30^\circ = 145 \text{ мм.} \quad (2)$$

Значения малого и большого радиусов эллипса  $r_1$  и  $r_2$  (мм) определим с учетом рекомендаций [5, 6] и рисунка 2.5.

С учетом рекомендаций [5, 6] принимаем  $r_1 = D/2 = 580/2 = 290$  мм.

Значение  $r_2$  (мм) определим из рисунка 2.5 по формуле:

$$r_2 = \frac{D}{2 \cos \beta} = \frac{580}{2 \cos 30^\circ} = 334,8 \text{ мм.} \quad (3)$$

Далее определим диаметр ступицы  $d_{\text{ст}}$  (мм).

Теоретическими исследованиями установлено, что диаметр ступицы крепления рабочего органа ротационных плугов при вращении «сверху-вниз» определяется по формуле:

$$d_{\text{ст}} = (1,13 \dots 1,33) \left( \frac{D}{2} - h \right) = (1,13 \dots 1,33) \left( \frac{580}{2} - 240 \right) = 56 \dots 67 \text{ мм.} \quad (4)$$

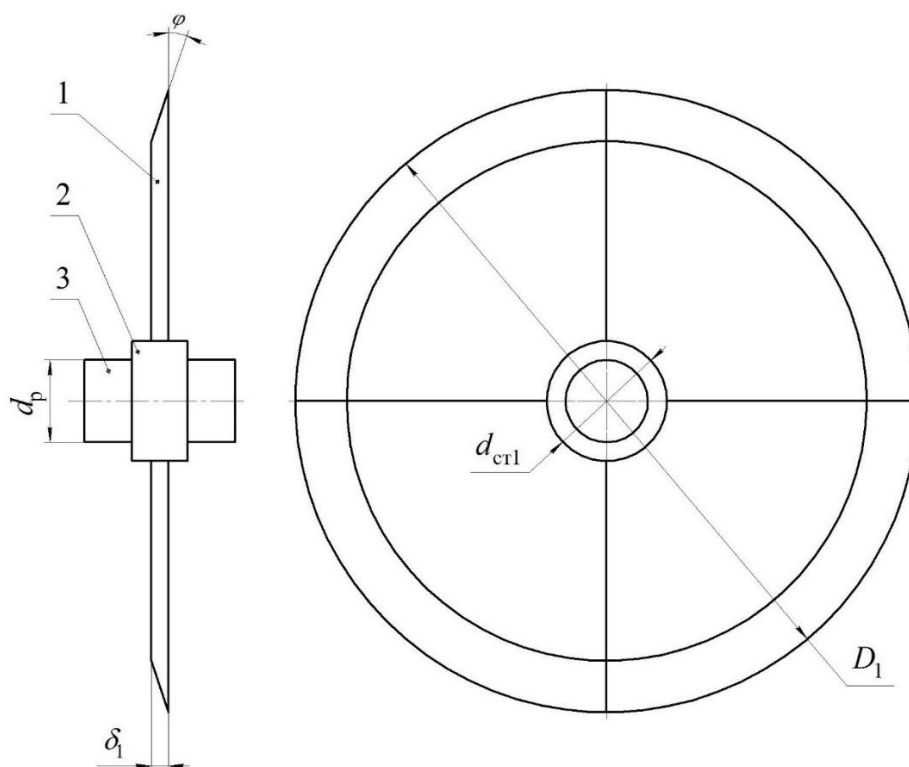
Принимаем  $d_{\text{ст}} = 60$  мм.

Полученные результаты сведем в таблицу 1.

**Таблица 1 – Основные параметры ротора с эллиптическими лопастями**

Наименование показателя	Значение показателя
Диаметр ротора $D$ , мм	580
Угол наклона лопастей $\beta$ , градус	30
Малый радиус эллипса $r_1$ , мм	290
Большой радиус эллипса $r_2$ , мм	334,8
Ширина захвата лопасти $\delta$ , мм	145
Количество лопастей $z$	4
Кинематический показатель $\lambda$	2

К основным конструктивным параметрам дискового стабилизатора (рисунок 2) относятся: диаметр диска  $D_1$  (мм), толщина диска  $\delta_1$  (мм); угол заточки лезвия  $\varphi$  (градус) и диаметр ступицы  $d_{\text{ст}1}$  (мм).



**Рисунок 3. Конструктивные параметры дискового стабилизатора:**  
**1 – диск; 2 – ступица; 3 – вал**

Конструктивные параметры определяем по рекомендациям [7] по следующим расчетным зависимостям.

Диаметр диска  $D_1$  (мм):

$$D_1 = 2h_1 + d_{\text{ст1}} + \Delta h_1, \quad (5)$$

где  $h_1$  – глубина резания диском, мм;

$d_{\text{ст1}}$  – диаметр ступицы диска, мм; принимаем  $d_{\text{ст1}} = 100$  мм;

$\Delta h_1$  – зазор между ступицей и поверхностью поля, мм; принимаем  $h_1 = 50$  мм.

Глубину резания диском  $h_1$  (мм) определим по формуле:

$$h_1 = (0,33 \dots 0,5)h = (0,33 \dots 0,5)250 = 83 \dots 120 \text{ мм}. \quad (6)$$

Принимаем  $h_1 = 100$  мм.

Тогда после подстановки известных значений в (5) получим:

$$D_1 = 2 \cdot 100 + 100 + 50 = 350 \text{ мм}.$$

Толщина диска  $\delta_1$  (мм):

$$\delta_1 = 0,1D_1 = 0,1 \cdot 350 = 3,5 \text{ мм}. \quad (7)$$

Принимаем  $\delta_1 = 5$  мм.

Угол заточки лезвия  $\varphi$  (градус) при диаметре  $D_1 = 350$  мм принимаем равным  $\varphi = 20^\circ$ .

Полученные результаты сведем в таблицу 2.

**Таблица 2 – Основные параметры дискового стабилизатора**

Наименование показателя	Значение показателя
Диаметр диска $D_1$ , мм	350
Толщина диска $\delta_1$ , мм	4
Угол заточки лезвия $\varphi$ , градус	20

### **Заключение.**

Таким образом, предлагаемая кинематическая схема навесного ротационного плуга с эллиптическими лопастями для мотоблоков позволяет расширить его функциональные возможности за счет расширения номенклатуры навесных почвообрабатывающих орудий для основной обработки почвы и повышения производительности, а обоснованные конструктивно-технологические параметры выбору рациональных режимов функционирования почвообрабатывающего агрегата.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Купряшкин В.Ф. Эффективное использование почвообрабатывающих агрегатов на базе мотоблоков: монография / В.Ф. Купряшкин, А.С. Уланов. – Саранск: Тип. «Рузаевский печатник», 2021. – 160 с. – ISBN 978-5-98344-660-1.
2. Акимов А.П. Ротационные рабочие органы-двигатели: монография / А.П. Акимов, В.И. Медведев. – М.: Изд-во МГОУ, 2004. – 233 с. – ISBN 5-7045-0571-6/
3. Чаткин М.Н. Кинематика и динамика ротационных почвообрабатывающих машин: монография / М.Н. Чаткин. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2008. – 316 с. – ISBN 978-5-7103-1688-7.
4. Ванин Д. Е. Влияние основной обработки почвы и на урожайность и засоренность посевов / Д.Е. Ванин, А.В. Тарасов, Н.Ф. Михайлова // Земледелие. – 1985. – № 3. – С.7-10.
5. Федоров Д.И. Повышение эффективности работы ротационного плуга с эллиптическими лопастями: дисс. ...канд. техн. наук / Д.И. Федоров. – Чебоксары, 2016. – 234 с.
6. Матяшин Ю.И. Теория и расчет ротационных почвообрабатывающих машин / Ю.И. Матяшин, И.М. Гринчук, Л.Г. Наумов, Н.Ю. Матяшин. – Казань: Тат. кн. изд-во, 1999. – 185 с. – 5-298-00944-1
7. Синеоков Г.Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин : учебное пособие / Г.Н. Синеоков, И. М. Панов. – Москва : Машиностроение, 1977. – 328 с.

### **REFERENCES**

1. Kupryashkin V.F. Effective use of tillage units based on tillers: a monograph / V.F. Kupryashkin, A.S. Ulanov. – Saransk: Type. «Ruzaevsky printer», 2021. – 160 p. – ISBN 978-5-98344-660-1.

2. Akimov A.P. Rotary working organs-propellers: a monograph / A.P. Akimov, V.I. Medvedev. – Moscow: Publishing House of Moscow State University, 2004. – 233 p. – ISBN 5-7045-0571-6/
3. Chatkin M.N. Kinematics and dynamics of rotary tillage machines: a monograph / M.N. Chatkin. – Saransk: Publishing House of Mordovia. University, 2008. 316 p. ISBN 978-5-7103-1688-7.
4. Vanin D. E. The influence of basic tillage on crop yields and contamination / D.E. Vanin, A.V. Tarasov, N.F. Mikhailova // Agriculture. 1985. No. 3. pp.7-10.
5. Fedorov D.I. Improving the efficiency of a rotary plough with elliptical blades: dissertation of the Candidate of Technical Sciences / D.I. Fedorov. Cheboksary, 2016. – 234 p.
6. Matyashin Yu.I. Theory and calculation of rotary tillage machines / Yu.I. Matyashin, I.M. Grinchuk, L.G. Naumov, N.Yu. Matyashin. Kazan: Publishing House, 1999– 185 p. 5-298-00944-1
7. Sineokov G.N. Theory and calculation of tillage machines: a textbook / G.N. Sineokov, I. M. Panov. Moscow: Mashinostroenie Publ., 1977. 328 p.

## КИНЕМАТИЧЕСКИЙ И СИЛОВОЙ АНАЛИЗ ПРИВОДА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПОДВИЖНОГО МОДУЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН

*В.В. Купряшкин, В.А. Овчинников, А.Д. Комолов, К.В. Шешнев*

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет,  
г. Саранск, Россия

**Аннотация.** В статье приведено описание конструкции привода перемещения для испытаний рабочих органов почвообрабатывающих машин, а также приведен его кинематический и силовой расчет с определением частот вращения и крутящих моментов на его валах.

**Ключевые слова:** экспериментальный стенд, подвижный модуль, привод, кинематический и силовой расчет привода.

Original article

## KINEMATIC AND POWER ANALYSIS OF THE DRIVE FOR MOVING A MOVABLE MODULE OF AN EXPERIMENTAL STAND FOR STUDYING THE WORKING BODIES OF TILLAGE MACHINES

*Kupryashkin V.V., Ovchinnikov V.A., Komolov A.D., Sheshnev K.V.*

National Research Mordovian State University, Saransk, Russia

**Abstract.** the article describes the design of the displacement drive for testing the working bodies of tillage machines, as well as its kinematic and power calculation with the determination of rotational speeds and torques on its shafts.

**Key words:** experimental stand, movable module, drive, kinematic and power calculation of the drive.

### **Введение.**

Для решения задач, связанных с разработкой вновь проектируемых и усовершенствованием существующих конструкций технологических объектов сельскохозяйственного производства необходимо располагать более полными и достоверными данными о величинах и характере как статических, так и динамических нагрузок, действующих на машину и отдельные ее элементы при выполнении технологического процесса в реальных условиях эксплуатации [1]. Для подтверждения и дополнения теоретических предпосылок в области исследования рабочих органов почвообрабатывающих машин и установления зависимостей усилий их взаимодействия с почвой на производственных

площадях кафедры мобильных энергетических средств и сельскохозяйственных машин имени профессора А.И. Лещанкина ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва» используется специализированный экспериментальный стенд, обеспечивающий натурное моделирование технологического процесса обработки почвы [1,2].

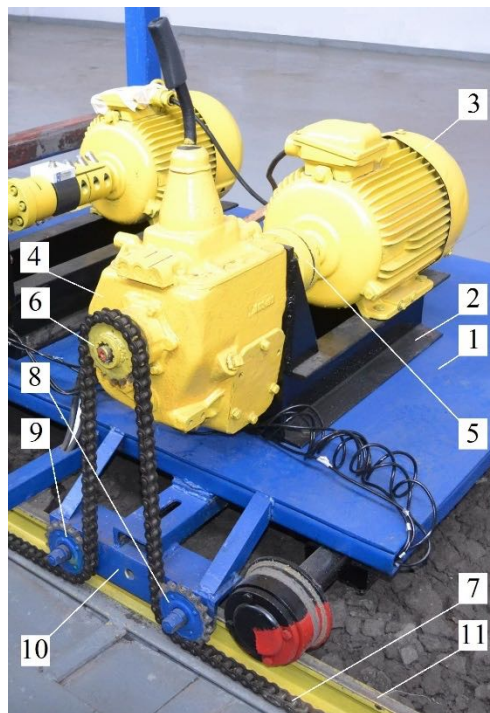
На рисунке 1 представлен общий вид экспериментального стенда для исследования рабочих органов почвообрабатывающих машин представляющий собой почвенный канал 1 выложенный из кирпича и заполненный почвой, в верхней части канала закреплен рельсовый путь 2 по которому перемещается подвижный модуль 3 с размещенными на нем электрическими приводами 4 и 5 его перемещения и испытуемых активных рабочих органов 6. Питание электрических приводов осуществляется от трехфазной сети переменного тока напряжением 380 В.



**Рисунок 1. Общий вид экспериментального стенда для исследования рабочих органов почвообрабатывающих машин: 1 – почвенный канал; 2 – рельсовый путь; 3 – подвижный модуль; 4 – привод перемещения подвижного модуля; 5 – привод испытуемых активных рабочих органов; 6 – испытуемые активные рабочие органы**

Отличительной особенностью данного экспериментального стенда является конструкция привода перемещения подвижного модуля, обеспечивающего его поступательное движение в прямом и обратном направлении с использованием тяговой цепи (Рационализаторское предложение ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» №1178 «Механизм передвижения подвижного модуля экспериментального стенда для исследования рабочих органов сельскохозяйственных машин». Привод перемещения подвижного модуля (рисунок 2) представляет собой закрепленную на раме подвижного

модуля 1 привод включающий размещенные на раме привода 2 электрический двигатель 3 и коробку скоростей 4 соединенных между собой муфтой 5. Размещенная на приводном валу коробки скоростей 4 ведущая звездочка; 6 кинематически соединена тяговой цепью 7 с ведомыми звездочками 8 и 9 установленными на жестко закрепленном на раме 1 кронштейне 10. При этом ведомые звездочки 8 и 9 обеспечивают укладку тяговой цепи 7 вдоль рельсового пути 11.



**Рисунок 2. Общий вид привода перемещения подвижного модуля:**  
**1 – рама подвижного модуля; 2 – рама привода; 3 – электрический двигатель; 4 – коробка скоростей; 5 – соединительная муфта;**  
**6 – ведущая звездочка; 7 – тяговая цепь; 8 и 9 – ведомые звездочки;**  
**10 – кронштейн; 11 – рельсовый путь**

Предлагаемый механизм передвижения экспериментального модуля имеет достаточно простую и компактную конструкцию и позволяет поддерживать заданные программой исследования скоростные режимы. Однако, данная конструкция имеет односторонний привод и, следовательно, из-за действия сил возникающих на испытуемых рабочих органах может приводить к нарушению устойчивости подвижного модуля и увеличивать сопротивление на его перемещение [3, 4].

#### **Методика исследований.**

Для устранения отмеченных недостатков в его работе предлагаем использовать двухпоточную схему привода перемещения подвижного модуля экспериментального стенда [5].

Кинематическая схема подвижного модуля с усовершенствованным приводом перемещения представлена на рисунке 3.

Выходной вал КС (1)

Приводной вал (2)

М

КС

ДКМ

М

КС

3

4

5

6

7

$z_1=15$

$z_2=15$

$z_3=15$

$z_4=16$

$z_5=16$

196



Для определения скоростных и нагрузочных режимов функционирования экспериментального стенда с предложенным приводом перемещения его подвижного модуля проведем кинематический и силовой анализ.

Учитывая кинематическую схему (см. рисунок 3) и существующие элементы привода перемещения подвижного модуля, а именно электрического двигателя 4A132S6 У3, четырехступенчатую коробку скоростей с приводной ведущей звездочкой ( $z_1=15$ ) проведем необходимые кинематические и силовые расчеты, заключающиеся в определении частот вращения и крутящих моментов на валах его привода.

### Результаты исследований.

На первом этапе определим частоты вращения выходного вала коробки скоростей и приводного вала  $n_{1i}$  и  $n_{2i}$  ( $\text{мин}^{-1}$ ) с учетом рабочих элементов привода (см. рисунок 3):

$$n_{1i} = n_{\text{дв}} / i_{\text{кci}}; \quad (1)$$

$$n_{2i} = n_{1i} z_2 / z_1, \quad (2)$$

где  $n_{\text{дв}}$  – частота вращения вала электродвигателя,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $n_{\text{дв}} = 960 \text{ мин}^{-1}$ ;  $i_{\text{кci}}$  – передаточное отношение коробки скоростей по передачам:  $i_{\text{кc}} = 3,5$  (I); 2,26 (II); 1,45 (III); 1,0 (IV);  $z_2$  и  $z_1$  – количество зубьев ведомой и ведущей звездочек цепной передачи; принимаем  $z_2 = z_1 = 15$ .

После подстановки известных значений в (1) и (2) получим значения частот вращения валов по передачам, которые представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – Результаты кинематического и силового расчета привода перемещения подвижного модуля**

№ п/п	Наименование параметра	Значение параметра по передачам коробки скоростей			
		I	II	III	IV
1	Частота вращения выходного вала коробки скоростей $n_{1i}$ , $\text{мин}^{-1}$	274	425	662	960
2	Частота вращения приводного вала $n_{2i}$ , $\text{мин}^{-1}$	274	425	662	960
3	Крутящий момент на выходном валу коробки скоростей $T_{1i}$ , Нм	150	97	62	53
4	Крутящий момент на приводном валу $T_{2i}$ , Нм	139	90	58	40

На втором этапе определим требуемые мощности на выходном валу коробки скоростей и на приводном валу  $P_1$  и  $P_2$  (кВт) с учетом рабочих элементов привода (см. рисунок 3):

$$P_1 = P_{\text{дв}} \eta_{\text{м}} \eta_{\text{кc}}; \quad (3)$$

$$P_2 = P_1 \eta_{\text{цп}} \eta_{\text{пк}}, \quad (4)$$

где  $P_{\text{дв}}$  – мощность электродвигателя, кВт;  $P_{\text{дв}} = 5,5$  кВт;  $\eta_{\text{м}}$ ,  $\eta_{\text{кc}}$ ,  $\eta_{\text{цп}}$  и  $\eta_{\text{пк}}$  –

соответственно КПД соединительной муфты, коробки скоростей, открытой цепной передачи и одной пары подшипников качения; согласно таблице 2.2 [6] –  $\eta_m = 0,98$ ,  $\eta_{цп} = 0,93$  и  $\eta_{пк} = 0,99$ , а также принимаем –  $\eta_{кс} = 0,8$ .

После последовательной подстановки значений в (3) и (4) получим:

$$P_1 = 5,5 \cdot 0,98 \cdot 0,8 = 4,3 \text{ кВт};$$

$$P_2 = 4,3 \cdot 0,93 \cdot 0,99 = 3,9 \text{ кВт}.$$

На заключительном этапе определим значения крутящих моментов на выходном валу коробки скоростей и на приводном валу  $T_{1i}$  и  $T_{2i}$  (Нм) с учетом передач коробки скоростей по формуле:

$$T_{1(2)i} = \frac{9550 P_{1(2)}}{n_{1(2)i}}. \quad (5)$$

Подставляя ранее найденные значения в (5) получим результаты, которые представлены в таблице 1.

### **Заключение.**

Таким образом, предлагаемая кинематическая схема подвижного модуля с усовершенствованным приводом его перемещения, позволит обеспечить более устойчивое его движение и, следовательно, повысить эффективность функционирования экспериментального стенда за счет получения более полных и объективных данных при проведении лабораторных испытаний рабочих органов почвообрабатывающих машин, и в частности активных рабочих органов, а полученные результаты расчетов позволят выбирать допускаемые скоростные и нагрузочные режимы функционирования привода перемещения подвижного модуля.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Купряшкин В.Ф. Устойчивость движения и эффективное использование самоходных почвообрабатывающих фрез. Теория и эксперимент: монография / В.Ф. Купряшкин. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2014. – 140 с. – ISBN 978-5-7103-3022-7.
2. Купряшкин В.Ф. Эффективное использование почвообрабатывающих агрегатов на базе мотоблоков: монография / В.Ф. Купряшкин, А.С. Уланов. – Саранск: Тип. «Рузаевский печатник», 2021. – 160 с. – ISBN 978-5-98344-660-1.
3. Купряшкин В.Ф. Анализ устойчивости хода экспериментальной тележки испытательного стенда для исследования почвообрабатывающих машин с фрезерными рабочими органами / В.Ф. Купряшкин, Н.И. Наумкин, М.Н. Чаткин [и др.] // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. Серия: Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2010. – С. 372 – 378.
4. Купряшкин В.Ф. Исследование устойчивости движения подвижного модуля экспериментальной установки при испытании активных ротационных

рабочих органов почвообрабатывающих машин / В.Ф. Купряшкин, Н.И. Наумкин, В.В. Купряшкин. – Текст: непосредственный // Вестник Мордовского университета. – Саранск, 2016. – № 4. – С. 246 – 258.

5. Патент № 232298 Российская Федерация, МПК G01M 13/00 (2006.01), G01N 19/00 (2006.01), G01L 1/00 (2006.01), G01L 3/00 (2006.01). Механизм передвижения подвижного модуля экспериментального стенда: № 2024136460; заявл. 05.12.2024; опубл. 05.03.2025 / Купряшкин В.Ф., Овчинников В.А., Князьков А.С., Купряшкин В.В., Комолов А.Д.; заявитель ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва». – 7 с.

6. Шейнблит А.Е. Курсовое проектирование деталей машин / А.Е. Шейнблит – М.: Калининград, 2002. – 454 с.

## REFERENCES

1. Kupryashkin V.F. Stability of movement and effective use of self-propelled tillage milling cutters. Theory and experiment: a monograph / V.F. Kupryashkin. – Saransk: Publishing House of Mordovia. University, 2014. 140 p. ISBN 978-5-7103-3022-7.

2. Kupryashkin V.F. Effective use of tillage units based on tillers: a monograph / V.F. Kupryashkin, A.S. Ulanov. – Saransk: Type. "Ruzaevsky printer", 2021. – 160 p. – ISBN 978-5-98344-660-1.

3. Kupryashkin V.F., Naumkin N.I., Chatkin M.N. Stability analysis of the course of the experimental trolley of the test bench for the study of tillage machines with milling working bodies / V.F. Kupryashkin, Naumkin M.I., Chatkin M.N. [et al.] // Materials of the International Scientific and Practical Conference. Series: Energy-efficient and resource-saving technologies and systems. – Saransk: Publishing House of Mordovia. University, 2010, pp. 372-378.

4. Kupryashkin V.F., Naumkin N.I., Kupryashkin V.V. Investigation of the stability of movement of the mobile module of an experimental installation during testing of active rotary working bodies of tillage machines. – Text: direct // Bulletin of the Mordovian University. – Saransk, 2016. – No. 4. – pp. 246-258.

5. Patent No. 232298 Russian Federation, IPC G01M 13/00 (2006.01), G01N 19/00 (2006.01), G01L 1/00 (2006.01), G01L 3/00 (2006.01). Mechanism of movement of the mobile module of the experimental stand: No. 2024136460; application 05.12.2024; published 05.03.2025 / Kupryashkin V.F., Ovchinnikov V.A., Knyazkov A.S., Kupryashkin V.V., Komolov A.D.; applicant, Ogarev Moscow State University. – 7 p.

6. Sheinblit A.E. Course design of machine parts / A.E. Sheinblit, Moscow: Kaliningrad, 2002. 454 p.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УДАЛЕНИЯ НАВОЗА В УНПО «МУММОВСКОЕ» АТКАРСКОГО РАЙОНА САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

*Н.А. Улыбин, А.В. Левченко, Г.В. Левченко*

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

**Аннотация.** Предложена модернизация технологического процесса удаления навоза путем внедрения агрегата, который позволит полностью механизировать операции удаления навоза и распределения подстилки в коровнике.

**Ключевые слова:** корова, подстилочные материалы, навоз, удаление, агрегат.

Original article

## IMPROVEMENT OF MANURE REMOVAL TECHNOLOGY IN UNPO "MUMMOVSKO" ATKARSKOGO DISTRICT SARATOV REGION

*N.A. Ulybin, A.V. Levchenko, G.V. Levchenko*

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

**Abstract.** The article proposes the modernization of the technological process of manure removal by introducing a unit that will allow for the complete mechanization of manure removal and bedding distribution in the barn.

**Keywords:** cow, bedding materials, manure, removal, unit.

### **Введение.**

Модернизация технологического процесса уборки навоза в коровнике УНПО «Муммовское» Аткарского района Саратовской области предусматривает возможность использования современного оборудования с высокими технологическими показателями, позволяющими снизить эксплуатационные расходы и повысить производительность труда на животноводческом комплексе. В качестве подстилочных материалов в коровнике могут использоваться солома, торф и опилки. Влажность соломы для подстилки должна быть не более 20%, торфа – 50%, опилок – 25% [1-3]. Кроме того, включены операции загрузки и дозирования, подачи компонентов компостной смеси, смешивания компонентов и выдача готовых компостных смесей, карантинирование смесей. Для смешивания компонентов предусматривается смесительно-транспортирующие устройства или бульдозер [4].

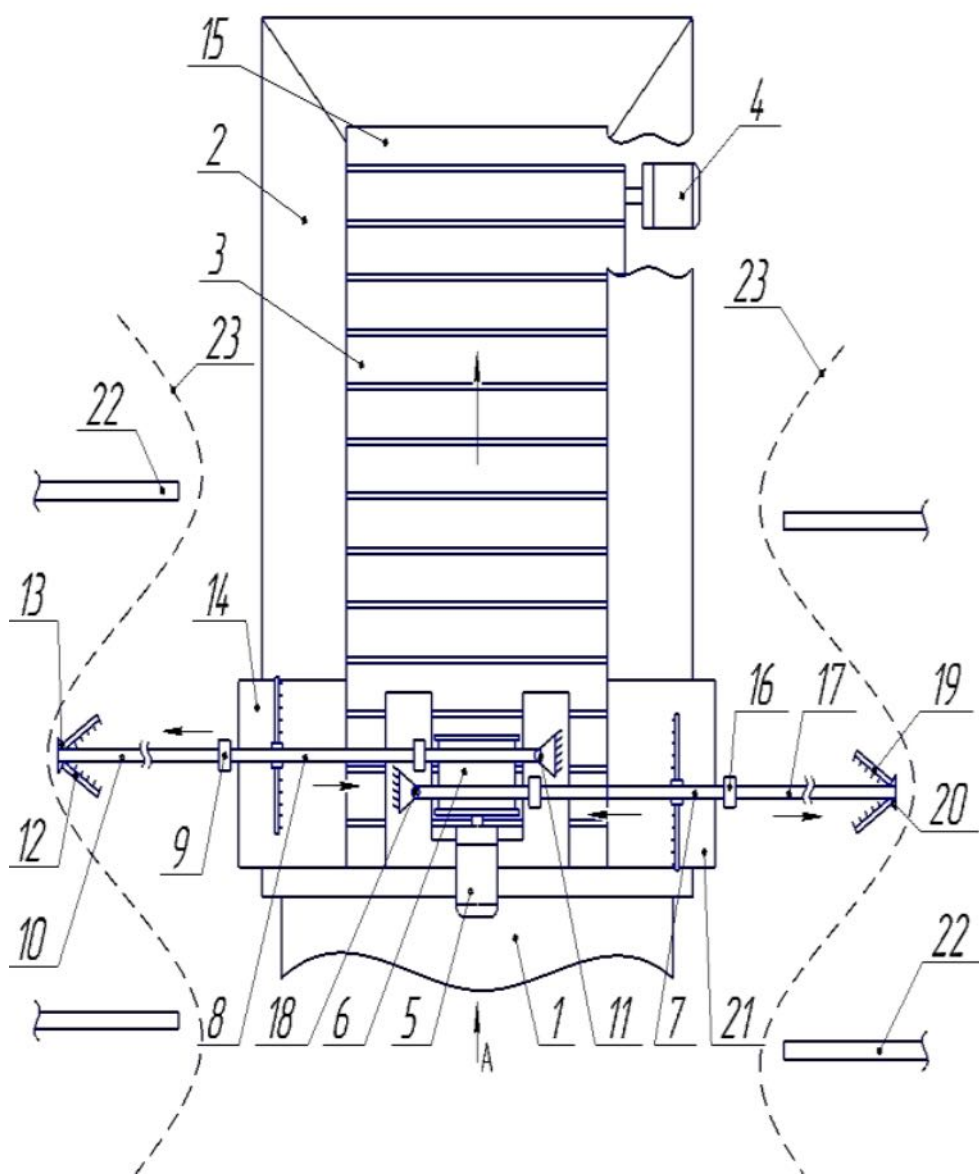
### **Методика исследований.**

Большое экономическое значение имеет оборудование «постели» для коров молочных пород. Ведь для получения максимальной молочной продуктивности корова должна отдыхать лежа почти 14 часов в сутки. Если корова удобно лежит, приток крови к вымени увеличивается на 50%, и молока производится больше. Но если она постоянно ходит по коровнику или стоит в стойле, а ложится, только полностью обессилив, то, очевидно, всему виной неудобная подстилка. В то же время правильный выбор подстилки и ее разбрасывателя обеспечивает коровам комфортный отдых, уменьшает стрессовый фактор и снижает риск заболеваний [4, 5].

Основной задачей агрегата для уборки навоза и распределения подстилки в коровнике является механизированное удаление подстилки из стойл, ее подача в бункер использованной подстилки и транспортирование к месту разгрузки, то есть обеспечение полного механизированного технологического цикла со снижением затрат труда. Это достигается за счет того, что агрегат для удаления навоза и распределения подстилки с электроприводом для перемещения платформы дополняется устройствами с электроприводом для удаления в процессе движения использованной подстилки с помощью рычажных механизмов возвратно-поступательного действия с граблями и с загрузкой в бункер, имеющий в нижней донной части цепочно-планчатый транспортер с электроприводом для уплотнения использованной массы и выгрузки в месте разгрузки (рис. 1.1).

Агрегат содержит на передвижной электрифицированной платформе 1 передней части бункер-накопитель 2 для использованной подстилки, на плоском дне которого размещается цепочно-планчатый транспортер 3 с электроприводом на основе мотор-редуктора 4. По центру размещен мотор-редуктор 5, на валу которого размещен кулачковый механизм с эксцентриком 6 с подпружиненными контактными элементами 7 и 8. К контактному элементу 8 на шарнире 9 подведен ведомый рычаг 10. Контактный элемент 8 имеет шарнирную направляющую 11. На конце ведомого рычага 10 шарнирно закреплены грабли 12 с двумя степенями свободы со сходящимися и расходящимися до прямых углов плечами. При вращении кулачкового механизма 6 осуществляется подъем и опускание контактного элемента 8 с шарнирной направляющей 11 и, соответственно, осуществляется возвратно-поступательное движение ведомого рычага 10 с граблями 12. При поступательном движении рычага 10 грабли скользят по поверхности подстилки, плечи сходятся и зубья грабель складываются на шарнире 13 по ходу движения. При возвратном движении рычага 10 плечи разворачиваются, зубья выпрямляются и захватывают слой подстилки, перемещая его по наклонной плоскости 14 бункера на цепочно-планчатый транспортер 3. Цепочно-планчатый транспортер 3 перемещает массу вперед, где происходит его уплотнение. В месте разгрузки оператор поднимает шиберную заслонку 15 и, с помощью транспортера, подстилка сбрасывается.

Соответственно, на правой половине к подпружиненному контактному элементу 7 на шарнире 16 подведен ведомый рычаг 17. Подпружиненный контактный элемент 7 имеет шарнирную направляющую 18. На конце ведомого рычага 17 шарнирно закреплены грабли 19 с двумя степенями свободы со сходящимися и расходящимися плечами. При вращении кулачкового механизма 6 осуществляется подъем и опускание контактного элемента 7 с шарнирной направляющей 18 и, соответственно, осуществляется возвратно-поступательное движение ведомого рычага 17. При поступательном движении рычага 17 грабли скользят по поверхности подстилки, плечи сходятся и зубья грабель складываются на шарнире 20 по ходу движения. При возвратном движении рычага 17 плечи разворачиваются, зубья выпрямляются и захватывают слой подстилки, перемещая его по наклонной плоскости 21 бункера на цепочно-планчатый транспортер 3.



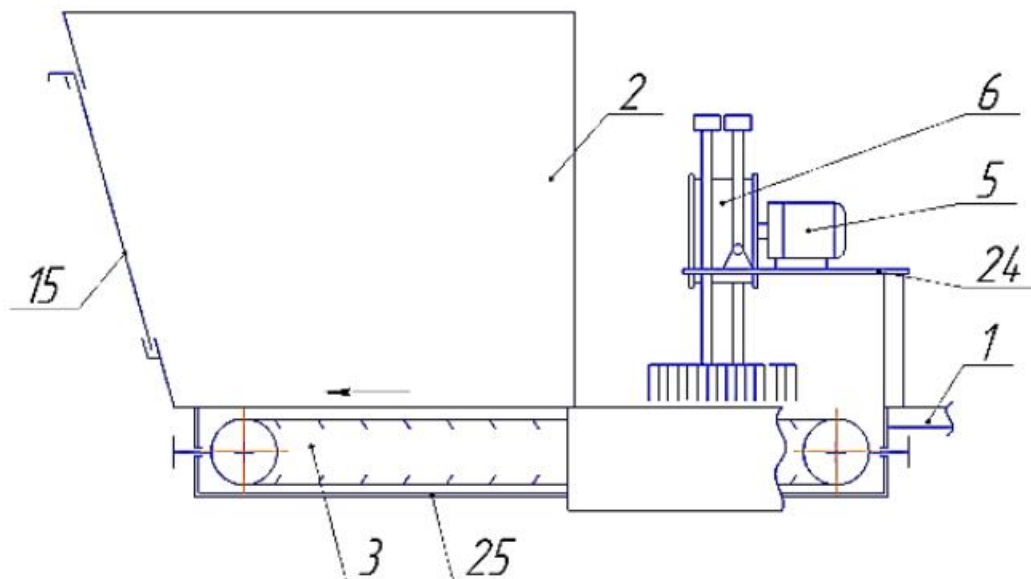
**Рисунок 1. Вид агрегата для удаления навоза и распределения подстилки:**

1 – передвижная электрифицированная платформа; 2 – бункер-накопитель для использованной подстилки; 3 – цепочно-планчатый транспортер; 4 – электропривод на основе мотор-редуктора, 5 – мотор-редуктор; 6 – кулачковый механизм с эксцентриком; 7, 8 – подпружиненные контактные элементы; 9, 13, 16, 20 – шарниры; 10, 17 – ведомые рычаги; 11 – шарнирная направляющая; 12 – грабли с двумя степенями свободы со сходящимися и расходящимися до прямых углов плечами; 14, 21 – наклонные плоскости бункера; 15 – шиберная заслонка; 18 – направляющая; 19, 23 – грабли; 22 – стойла

В общем случае технологический процесс удаления навоза из животноводческих помещений можно разделить на следующие операции: доставка и распределение подстилки, уборка помещений (в т.ч. уборка навоза и отработанной подстилки), транспортировка к местам разгрузки.

Уборка стойл осуществляется в период нахождения животных во время моциона на выгульной площадке (утром и вечером), которая, примыкает к зданию с противоположной стороны от молочного блока. Продолжительность пребывания на выгульной площадке до 40 мин [6].

Размещение кулачково-рычажной системы агрегата по высоте показано на Рис. 2.2, основной механизм которого - мотор-редуктор и кулачковый механизм размещены на площадке 24, а цепочно-планчатый транспортер 3 размещен на специальной рамной конструкции 25.



**Рисунок 2.2. Вид агрегата сбоку: 24 – площадка; 25 –рамная конструкция**

Оператор садится на рабочее место и, при движении агрегата, включает привод цепочно-планчатого транспортера и привод кулачкового механизма. Рычажная система в процессе движения агрегата осуществляет возвратно-поступательное движение - при поступательном движении захватывающие грабли занимают крайние положения со сложенными плечами без захвата подстилки, при возвратном движении осуществляется разворачивание плечей

грабель, захват ими слоя отработанной подстилки и ее перемещение в бункер-накопитель, где с помощью транспортера перемещается к позиции разгрузки. При обработке стойл агрегат перемещается к месту разгрузки, оператор вытягивает шиберную заслонку и осуществляет разгрузку отработанной подстилки.

В транспортном положении агрегата рычажной механизм находится в свернутом положении. По завершении работ по уборке помещения агрегат перемещается в исходное положение - в тамбур.

#### **Заключение.**

Использование данного агрегата позволяет более эффективно и качественно распределять подстилку в стойлах за счёт равномерной подачи.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Механизация и технология животноводства: учебник / В.В. Кирсанов, Д.Н. Мурусидзе, В.Ф. Некрашевич [и др.]. – М.: ИНФРА-М, 2023. - 585 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-005704-0. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/1941762>

2. Механизация и технология производства продукции животноводства : учебное пособие / В. Г. Коба, Н. В. Брагинец, Д. Н. Мурусидзе, В. Ф. Некрашевич. – М.: Колос, 2000. - 528 с.: ил. - (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). - Текст

3. Техника и технологии в животноводстве / В. И. Трухачев, И. В. Атанов, И. В. Капустин, Д. И. Грицай. - 2-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2023. - 440 с. - ISBN 978-5-507-46325-1. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/305996>

4. Варакин, А. Т. Энергосберегающие технологии в производстве продуктов животноводства: учебное пособие / А. Т. Варакин, А. С. Шперов, Д. К. Кулик. - Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2020. - 124 с. - ISBN 978-5-4479-0282-7. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2132334>

5. Виноградов, П. Н. Объемно-планировочные и технологические решения при проектировании малых ферм по производству молока [Электронный ресурс] / П. Н. Виноградов. – М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2006. - 132 с. - ISBN 5-86785-182-6. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/422468>

6. Механизация технологических процессов в АПК / В. Ю. Фролов, Г. Г. Класнер, Е. А. Котелевская, М. И. Туманова. – СПб.: Лань, 2023. - 148 с. - ISBN 978-5-507-46642-9. - Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/351965>

7. Инновационные технологии в высокопродуктивном молочном скотоводстве / А. Ю. Медведев, Н. В. Волгина, П. Б. Должанов, Е. А. Перькова. — СПб.: Лань, 2022. — 168 с. — ISBN 978-5-507-44054-2. — Текст:



## REFERENCES

1. Mechanization and technology of animal husbandry: textbook / V.V. Kirsanov, D.N. Murusidze, V.F. Nekrashevich [et al.]. - M.: INFRA-M, 2023. - 585 p. - (Higher education: Bachelor's degree). - ISBN 978-5-16-005704-0. - Text: electronic. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/1941762>
2. Mechanization and technology of livestock production: a textbook / V.G. Koba, N.V. Braginets, D.N. Murusidze, V.F. Nekrashevich. - M.: Kolos, 2000. - 528 p.: ill. - (Textbooks and teaching aids for students of higher educational institutions). - Text
3. Machinery and technology in animal husbandry / V. I. Trukhachev, I. V. Atanov, I. V. Kapustin, D. I. Gritsai. - 2nd ed., reprinted. - St. Petersburg: Lan, 2023. - 440 p. - ISBN 978-5-507-46325-1. - Text: electronic // Lan: electronic library system. - URL: <https://e.lanbook.com/book/305996>
4. Varakin, A. T. Energy-saving technologies in livestock production: a tutorial / A. T. Varakin, A. S. Shperov, D. K. Kulik. - Volgograd: Volgograd State Agricultural University, 2020. - 124 p. - ISBN 978-5-4479-0282-7. - Text: electronic. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2132334>
5. Vinogradov, P. N. Space-planning and technological solutions in the design of small farms for milk production [Electronic resource] / P. N. Vinogradov. - M.: FGOU VPO MGAU, 2006. - 132 p. - ISBN 5-86785-182-6. - Text: electronic. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/422468>
6. Mechanization of technological processes in the agro-industrial complex / V. Yu. Frolov, G. G. Klasner, E. A. Kotelevskaya, M. I. Tumanova. - St. Petersburg: Lan, 2023. - 148 p. - ISBN 978-5-507-46642-9. - Text: electronic // Lan: electronic library system. - URL: <https://e.lanbook.com/book/351965>
7. Innovative technologies in highly productive dairy cattle breeding / A. Yu. Medvedev, N. V. Volgina, P. B. Dolzhanov, E. A. Perkova. - St. Petersburg: Lan, 2022. - 168 p. - ISBN 978-5-507-44054-2. - Text: electronic // Lan: electronic library system. - URL: <https://e.lanbook.com/book/247319>

## ОБЗОР ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ ЖКУ СОВМЕСТНО С ПОСЕВОМ

*А.М. Марадудин, Д.В. Курдюков, Д.А. Харлашин, В.М. Набиев*

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

**Аннотация.** В статье приведен обзор сеялок с комплексом внесения жидких комплексных удобрений (ЖКУ), серийно выпускающихся и используемых в растениеводческих хозяйствах различной величины. Исходя из проведенного анализа конструкций сеялок выделено новое направление по их дальнейшему совершенствованию с целью повышения производительности технологической операции посева и урожайности сельскохозяйственных культур.

**Ключевые слова:** сеялка, конструкция, комплексные удобрения, рядовой посев, внесение удобрений, устройство, комплексный агрегат.

Original article

## AN OVERVIEW OF THE TECHNICAL MEANS FOR APPLYING HOUSING AND COMMUNAL SERVICES IN CONJUNCTION WITH SOWING

*A.M. Maradudin, D.V. Kurdyukov, D.A. Kharlashin*

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

**Abstract.** The article provides an overview of seeders with a complex of liquid complex fertilizers (LCUs), mass-produced and used in crop farms of various sizes. Based on the analysis of the designs of seeders, a new direction has been identified for their further improvement in order to increase the productivity of the technological operation of sowing and crop yields.

**Keywords:** seeder, construction, complex fertilizers, ordinary sowing, fertilization, device, complex unit.

### **Введение.**

Посев является важнейшим сельскохозяйственным процессом, от качества проведения которого напрямую зависит урожайность. Для ее увеличения и с целью получения наибольшей прибыли нужно обеспечить посевной материал необходимым объемом минеральных веществ в оптимальном количестве. Оптимизация минерального питания с использованием удобрений играет ключевую роль в повышении продуктивности сельскохозяйственных культур [5].

### **Методика исследований.**

В настоящее время российский рынок сельскохозяйственной техники, позволяющей производить посев совместно с внесением жидких комплексных удобрений, представлен широким спектром сеялок различных конструкций, которые подходят под необходимые метеорологические условия, разнообразных производителей, как отечественных, так и зарубежных. В таких условиях выбор конструкции сеялки для обеспечения максимальной урожайности – достаточно сложная задача. Необходимо сделать свой выбор таким образом, чтобы получить максимум пользы и уменьшить возможные негативные последствия от принятого решения [2].



**Рисунок 1. Сеялка VESTA 8 PROFI**



**Рисунок 2. Сеялка Primera DMC**

### **Результаты исследований.**

Сеялка VESTA 8 PROFi (рисунок 1) с приспособлением для внесения жидких комплексных удобрений – представитель нового поколения пропашных сеялок от завода Эльворти, которые имеют ряд преимуществ по сравнению с ближайшими конкурентами и делают работу в поле более экономичной и выгодной. Пневматическая сеялка VESTA 8 PROFi предназначена для точного высева по минимальной и традиционной технологиям возделывания. Обеспечивает посев семян с одновременным внесением жидких комплексных удобрений и прикатыванием почвы в засеянных рядах.

Высокопроизводительная сеялка Primera DMC, выпускаемая фирмой «Amazon» (рисунок 2), считается одной из наилучших сеялок для работ на полях с большой площадью [4]. Эта универсальная высокопроизводительная сеялка, оснащённая соответствующими сошниками, идеально подходит не только для мульчированного и прямого посева, но и для посева по вспашке. Эта сеялка идет обычно вместе с прицепом Fertiliser Delivery Cart FDC 6000, который можно использовать в комбинации с сеялкой Primera DMC, сеялкой Condor, сеялкой Citan или сеялкой точного высева EDX. Прицеп устанавливается между трактором и прицепной сеялкой. С помощью мембранно-поршневого насоса жидкие удобрения подаются к высевающим сошникам, которые вносят их в почву. Такая комбинация применяется для проведения посева и стартового внесения жидких удобрений за один проход. Хорошее самозаглубление сошника в почву обеспечивает идеально равномерную глубину заделки семян и качество заделки семян в почву, потому можно исключить дополнительные затраты на предпосевную обработку почвы. Агрегат отлично настраивается на нормы высева семян и удобрений.



**Рисунок 3. Сеялка Tempo L8-24**

Сеялка Tempo L8-24 фирмы «Väderstad» (рисунок 3) [4] предназначена для рядового посева. Tempo L можно оснастить бункером для удобрений на 3000 или 5000 литров, где дозирование удобрений осуществляется высокопроизводительной системой дозировки Fenix III. Пропускная способность дозирования системы составляет 350 кг/га при скорости в 15 км/ч.

Система дозирования удобрений может быть откалибрована под различные полевые условия. При использовании данной системы можно



получить более высокую точность и производительность внесения удобрений, благодаря чему повысить эффективность работы в поле.

Комбинированный посевной комплекс Feat Agro ПК-990, производства компании «Россельмаш» (рисунок 4), с одновременной предпосевной обработкой почвы культиваторной лапой и высевом в дисковый сошник предназначен для рядкового посева зерновых, зернобобовых и мелкосемянных культур по необработанному фону с одновременным внесением с посевным материалом жидких минеральных удобрений [3].



**Рисунок 4. Посевной комплекс Agro ПК-990**

Культиваторная часть посевного комплекса оснащена пятью рядами стоек с плоскорежущей лапой. Сдвоенная пружина создаёт рабочее усилие на лапе, что позволяет качественно обработать почву на заданную глубину и обеспечивает стопроцентное подрезание сорняков, но предохраняет от поломок агрегата при нагрузке на стойки выше допустимого и снижении тягового усилия. Посевной комплекс может работать в паре с устройством курсовой устойчивости Trimble на базе дисплея GFX-750.

Механизированная загрузка семян, электронный контроль качества работы сеялки, параллельная система вождения позволяет одинаково уверенно вести сев в любое время суток, при любой запылённости и обслуживать комплекс одним трактористом. После окончания посевных работ комплекс легко трансформируется в культиватор, которым можно вести обработку паров и основную осеннюю обработку.

Производителем предусмотрена установка в заводских условиях собственной системы внесения жидких удобрений СВЖУ. Привод компрессора осуществляется гидромотором. Внесение жидких удобрений данным комплексом производится за одну операцию без привлечения других сельхозагрегатов.



**Рисунок 5. Сеялка MaterMass MS 8100**

Сеялка MaterMass MS 8100 компании «MaterMass» (рисунок 5) – пропашная вакуумная сеялка точного высева с внесением жидких удобрений. Предназначена для посева в обработанную почву семян технических культур: подсолнечника, сахарной свёклы, кукурузы, тыквы, а также сои, гороха, овощей. Благодаря компьютерной системе управления и контроля MSC 8000 эта система способна вести учёт засеянной площади, регулировку расстояния между семенами, включение и отключение рядов, сигнализацию остановки и другие функции. Также имеется возможность одновременного внесения жидких и гранулированных удобрений. Сеялка содержит высевальное устройство MAGIC-SEM с системой регулировки подачи посевного материала и защиты от обламывания семян [6].

#### **Заключение.**

Исходя из обзора предложенных технических средств посева с системами внесения жидких удобрений можно сделать следующий вывод – данные приспособления имеют огромный потенциал использования в регионах, подвергающихся частым засухам, зонам ветровой эрозии. В качестве дальнейшего совершенствования устройств для посева совместно с внесением жидких удобрений можно предложить заменить существующие системы подачи ЖКУ на обработку семян с помощью «горячего» тумана при перемещении по семяпроводу [7]. Это внедрение будет способствовать увеличению всхожести семян, повышению урожайности за счет активации физиологических процессов и получения тонкой равномерной плёнки на поверхности семян, более равномерному распределению химических веществ при обработке семян.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основные направления совершенствования сеялок точного высева пропашных культур / А.А. Завражнов, А.И. Завражнов, В.Ю. Шепелев, А.В. Якушев // Вестник НГИЭИ. – 2022. – № 1(128). – С. 7-21. – DOI 10.24412/2227-9407-2022-1-7-21.
2. Принятие решения о выборе модели сеялки точного высева методом обобщенной оценки / А.В. Каргина, М.Г. Бородаева, Е.М. Зубрилина, И.А. Маркво // Символ науки: международный научный журнал. – 2017. – Т. 2, № 2. – С. 67-70.
3. [Использование сеялки точного высева с варьируемой шириной междурядий Tempo шведской фирмы "Vaderstad" на посеве кукурузы на больших площадях в условиях ФРГ]. Mit "Tempo" in die Einzelkornsaat // Lohnunternehmen. – 2011. – Vol.66, № 10. – Р. 64-65. – Нем. Шифр П25251 // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. – 2013. – № 1. – С. 127. – EDN OJBHDK.
4. Ненашев, В. Т. Совершенствование конструкции рабочих органов сеялки DMC Primera / В.Т. Ненашев // Лучшая студенческая статья 2020: сборник статей XXVII Международного научно-исследовательского конкурса, Пенза, 25 февраля 2020 года. – Пенза: "Наука и Просвещение" (ИП Гуляев Г.Ю.), 2020. – С. 74-76.
5. Ветров, В. В. Обоснование рациональных параметров агрегата для посева с применением технологии внесения жидких удобрений / В. В. Ветров // Вестник молодежной науки Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – № 1. – С. 57-59. – EDN JEPKEX.
6. Шаронов, М.А. Журнал «Фермер. Поволжье» / А.С. Овчинников, А.И. Беленков, А.М. Беляков, В.Н. Вдовенко и др. // Ежемесячный журнал «Фермер. Поволжье». – 2017. – №1(54). – С.78-80. – URL: <https://moluch.ru/archive/63/9831/> (дата обращения: 28.04.2025).
7. Титова, В. И. Особенности системы применения удобрений в современных условиях / В.И. Титова // Агрохимический вестник. – 2016. – № 1. – С. 2-7. – EDN TQXFPI.

## REFERENCES

1. The main directions of improving seeders for precise sowing of row crops / A.A. Zavrazhnov, A.I. Zavrazhnov, V.Yu. Shepelev, A.V. Yakushev // Bulletin of the NGIEI. – 2022. – № 1(128). – Pp. 7-21. – DOI 10.24412/2227-9407-2022-1-7-21.
2. Making a decision on choosing a model of a precision planter seeding by the generalized assessment method / A.V. Kargina, M.G. Borodaeva, E.M. Zubrilina, I.A. Markvo // Symbol of Science: an international scientific journal. – 2017. – Vol. 2, No. 2. – pp. 67-70.

3. [Using a precision seeding machine with variable row spacing width Tempo by the Swedish company Vaderstad on sowing corn on large areas in the conditions of the Federal Republic of Germany]. Mit "Tempo" in die Einzelkornsaat // Lohnunternehmen. – 2011. – Vol.66, No. 10. – P. 64-65. – German. Code P25251 // Engineering and technical support of the agro-industrial complex. Abstract journal. – 2013. – No. 1. – p. 127. – EDN OJBHDK.
4. Nenashev, V. T. Improving the design of the working bodies of the DMC Primera planter / V.T. Nenashev // The best student article 2020: collection of articles of the XXVII International Scientific Research Competition, Penza, February 25, 2020. Penza: Nauka i Prosveshchenie (IP Gulyaev G.Yu.), 2020. pp. 74-76.
5. Vetrov, V. V. Substantiation of rational parameters of a seeding unit using liquid fertilizer technology / V. V. Vetrov // Bulletin of Youth Science of the Altai State Agrarian University. – 2018. – No. 1. – PP. 57-59. – EDN JEPKEX.
6. Sharonov, M.A. The Farmer magazine. Volga region" / A.S. Ovchinnikov, A.I. Belenkov, A.M. Belyakov, V.N. Vdovenko and others // Monthly magazine "Farmer. The Volga region". – 2017. – №1(54). – Pp.78-80. – URL: <https://moluch.ru/archive/63/9831/> (date of access: 04/28/2025).
7. Titova, V. I. Features of the fertilizer application system in modern conditions / V.I. Titova // Agrochemical bulletin. – 2016. – No. 1. – pp. 2-7. – EDN TQXFPI.



## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВНЕСЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

*А.М. Марадудин, П.И. Павлов*

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

**Аннотация.** В статье рассмотрена технология внесения твердых органических удобрений: необходимость применения органических удобрений, состав технологических операций, используемые агрегаты. На основе анализа недостатков имеющейся технологии предложено направление по ее совершенствованию.

**Ключевые слова:** почвообработка, посев, органические удобрения, технология возделывания, внесение удобрений, схема, комплексный агрегат.

Original article

## IMPROVING THE TECHNOLOGY OF APPLYING ORGANIC FERTILIZERS

*A.M. Maradudin, P.I. Pavlov*

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

**Abstract.** The article discusses the technology of applying solid organic fertilizers: the need for the use of organic fertilizers, the composition of technological operations, and the aggregates used. Based on the analysis of the shortcomings of the existing technology, a direction for its improvement is proposed.

**Keywords:** tillage, sowing, organic fertilizers, cultivation technology, fertilization, scheme, complex unit.

### **Введение.**

Одной из крупнейших проблем, стоящих перед сельскохозяйственной отраслью сегодня является снижение плодородия посевных площадей, обусловленное дифференциацией существующих технологий с законами и экологическими принципами естественного формирования почвы [1]. Применение интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур приводит к смещению баланса ресурсного потенциала обрабатываемых земель в сторону потребления от восстановления [2]. При этом добавляются негативные факторы в виде окисления почв, водной и ветровой эрозии, что в конечном итоге приводит к снижению плодородия и невысокой урожайности возделываемых культур.

Восстановление плодородия посевных площадей возможно за счет применения природоподобных технологий, включающих в себя снижение объемов механической обработки почвы и насыщение ее органикой.

### Методика исследований.

Органические удобрения, применяемые в сельском хозяйстве, можно разделить на удобрения животного происхождения (навоз крупного рогатого скота, свиней, овец, коней, птичий помет), растительного происхождения (торф, солома, опилки, древесная кора, листья, бытовой мусор, сапропели), комплексные (компост, биогумус) и отходы производства (промышленные и бытовые отходы, гидролизный лигнин, осадки сточных вод) [3].

Органические удобрения комплексно воздействуют на все агрономически важные функции почвы и позволяют частично вернуть основные элементы минерального питания растений, забираемые с полей при уборке сельскохозяйственных культур. Систематическое применение органических удобрений способствует накоплению гумуса, улучшает структуру почвы, понижает ее кислотность, повышает содержание питательных веществ, а также поглонительную способность, влагоемкость и водопроницаемость, тем самым способствуя снижению водной и ветровой эрозии; усиливает биологическую активность микрофлоры, создавая таким образом оптимальные условия для роста растений [3,4]. Таким образом, органические удобрения, уступая по процентному содержанию элементов питания минеральным удобрениям, являются более полезными для восстановления плодородия почвы.

### Результаты исследований.

Технология применения агрохимических средств представляет собой комплекс работ, включающих их производство (органические и местные удобрения), транспортировку, хранение, подготовку к внесению и внесение.

Различают четыре технологические схемы внесения удобрений: прямоточную, перегрузочную, перевалочную и двухфазную (рисунок 1).



**Рисунок 1. Технологические схемы внесения удобрений**

Выбор той или иной схемы зависит от состава парка техники в хозяйстве, расстояния перевозки и вида удобрений и дозы их внесения [5].

Органические удобрения вносят с помощью прицепов-разбрасывателей РОУ-6М, ПРТ-10, ПРТ-16 и других, а также навесных разбрасывателей, например РПМ-4. При двухфазной технологии для распределения предварительно подготовленных куч удобрений по поверхности поля используют роторные разбрасыватели, например РУН-15.

Согласно агротехническим требованиям, предъявляемым к разбрасывателям, неравномерность распределения удобрений по ширине должна находиться в пределах  $\pm 25\%$ , а по длине рабочего хода  $\pm 10\%$  [6]. Таким образом можно отметить, что распределение питательных веществ довольно ощутимо варьируется по площади поля.

Распределенные по поверхности органические удобрения должны полностью заделывать в почву в течение 2-3 часов, так как иначе содержащийся аммиачный азот улетучивается или вымывается, что снижает эффективность всей технологической операции. Календарные сроки внесения органических удобрений в весенний и осенний периоды часто совпадают с наиболее напряженными работами, и нередко проводятся в неблагоприятную погоду, вследствие чего нарушаются оптимальные сроки посева и посадки сельскохозяйственных культур, под которые надо вносить органические удобрения. Это приводит к снижению урожайности. Экспериментальные данные показывают, что урожайность при всех видах и дозах внесения органических удобрений в производственных условиях на 20...51% ниже, чем на опытных участках, что объясняется несвоевременным и некачественным выполнением работ, обусловленным несовершенством технических средств и плохой организацией труда [6].

### **Заключение.**

В целом можно отметить, что внесение органических удобрений является крайне нужной, но очень трудоемкой технологической операцией, создающей дополнительную нагрузку на парк сельскохозяйственной техники и требующей значительных затрат ГСМ. При этом операции внесения органических удобрений совпадают по срокам, как правило, с вспашкой или посевными работами, что в условиях ограниченного тракторного парка сельскохозяйственных предприятий приводит к нарушению агротехнических требований и растягиванию сроков выполнения работ, снижая эффективность не только внесения органических удобрений, но и смежных технологических операций.

Неравномерное распределение органических удобрений по площади поля также снижает эффективность их использования возделываемыми растениями, попутно стимулируя рост сорных трав в междурядьях.

На наш взгляд, совершенствование технологии внесения органических удобрений возможно за счет совмещения данной операции с посевом. При этом должны использоваться преимущественно концентрированные или комплексные органические удобрения, которые будут вноситься совместно с высеваемыми семенами, но на разной глубине. Таким образом доступ к питательным веществам получают только возделываемые растения, но не сорняки.

Техническое выполнение данной технологии требует разработки новых комбинированных агрегатов на базе сеялок, но их внедрение и использование экономически оправдано, так как совместно выполняются несколько агротехнических операций, что способствует снижению количества проходов сельскохозяйственной техники по полю и экономии ГСМ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байбеков, Р.Ф. Природоподобные технологии основа стабильного развития земледелия / Р.Ф. Байбеков // Земледелие. – 2018. – №2. С. 5-8 – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prirodopodobnye-tehnologii-osnova-stabilnogo-razvitiya-zemledeliya> (дата обращения: 12.05.2025).
2. Гулянов, Ю.А. Роль природоподобных технологий в формировании экологически сбалансированных агроландшафтов в постцелинных регионах степной зоны России / Ю.А. Гулянов // Вопросы степеведения. – 2024. – № 2. – С.106-120. – DOI: 10.24412/2712-8628-2024-2-106-120.
3. Вильдфлуш, И.Р. Агрохимия. Удобрения и их применение в современном земледелии: учебно-методическое пособие / И.Р. Вильдфлуш, В.В. Лапа, О.И. Мишура; под ред. И.Р. Вильдфлуша. – Горки: БГСХА, 2019. – 405 с. – ISBN 978-985-467-934-1.
4. Потетня, К.М. Преимущества применения химических и органических удобрений / К.М. Потетня // Научно-технический вестник: технические системы в АПК. – 2022. – №3-4 (15-16) – С.23-27. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/preimuschestva-primeneniya-himicheskikh-i-organicheskikh-udobreniy> (дата обращения: 12.05.2025).
5. Шеуджен, А.Х. Технология применения агрохимических средств и техника безопасности при работе с ними / А.Х. Шеуджен, С.В. Кизинек, И.А. Лебедевский, Т.Н. Бондарева, М.А. Осипов. – Майкоп: «Полиграф-ЮГ», 2017. – 56 с. – ISBN 978-5-9909934-7-1.
6. 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.

## REFERENCES

1. Baibekov, R.F. Nature-like technologies are the basis for the stable development of agriculture / R.F. Baibekov // Agriculture. - 2018. – No. 2. pp. 5-8 – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prirodopodobnye-tehnologii-osnova-stabilnogo-razvitiya-zemledeliya> (date of reference: 05/12/2025).
2. Gulyanov, Yu.A. The role of nature-like technologies in the formation of ecologically balanced agrolandscapes in the post-virgin regions of the steppe zone of Russia / Yu.A. Gulyanov // Questions of steppe studies. – 2024. – No. 2. – Pp.106-120. – DOI: 10.24412/2712-8628-2024-2-106-120.

3. Wildflush, I.R. Agrochemistry. Fertilizers and their application in modern agriculture: an educational and methodical manual / I.R. Wildflush, V.V. Lapa, O.I. Mishura; edited by I.R. Wildflush. – Roller coasters: BSCA, 2019. – 405 p. – ISBN 978-985-467-934-1.

4. Potetnya, K.M. Advantages of using chemical and organic fertilizers / K.M. Potetnya // Scientific and Technical bulletin: technical systems in agriculture. – 2022. – №3-4 (15-16) – Pp.23-27. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/preimuschestva-primeneniya-himicheskikh-i-organicheskikh-udobreniy> (date of reference: 05/12/2025).

5. Sheudzhen, A.H. Technology of application of agrochemicals and safety when working with them / A.H. Sheudzhen, S.V. Kizinek, I.A. Lebedovsky, T.N. Bondareva, M.A. Osipov. Maikop: Polygraph-YUG, 2017. 56 p. ISBN 978-5-9909934-7-1.

6. Marchenko, N.M. Mechanization of organic fertilizer application / N.M. Marchenko, G.I. Lichman, A.E. Shebalkin. Moscow: VO "Agropromizdat", 1990 – 207 p. – ISBN 5-10-001380-X.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА САМОХОДНОГО АГРОХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА «ТУМАН» ПО СРАВНЕНИЮ С МАШИННО-ТРАКТОРНЫМ АГРЕГАТОМ

*В.А. Милюткин*

Самарский государственный аграрный университет, г. Кинель, Россия

**Аннотация.** В статье рассмотрено эффективное объединение близких по значению технико - технологических агрегатов в модульной комплектации для агрохимических работ при возделывании сельхозкультур в комплексе «Туман» на базе транспортно-энергетической самоходной платформы, разработанной ООО «Пегас-Агро» (г.Самара) для получения повышенных урожайности и качества получаемой продукции, а по экономическим показателям - максимально возможное увеличение сезонной загрузки агрегата, что обеспечивает быструю окупаемость технического комплекса в агропромышленном производстве.

**Ключевые слова:** сельхозпроизводство, агрохимия, технологии, агрегат, самоходный, многофункциональный, модуль, универсальный

Original article

## TECHNOLOGICAL ADVANTAGES OF THE SELF-PROPELLED AGROCHEMICAL COMPLEX "TUMAN" IN COMPARISON WITH THE MACHINE-TRACTOR UNIT

*V.A. Milyutkin*

Samara State Agrarian University, Kinel, Russia

**Abstract.** The article considers the possible combination of similar-purpose technical and technological units in a modular configuration for agrochemical work in the cultivation of agricultural crops "Tuman" LLC "Pegas-Agro" with an increase in yield and quality of products with an increase in seasonal loading, ensuring an increase in economic efficiency and payback of the multifunctional complex.

**Keywords:** agricultural production, agrochemistry, technologies, unit, self-propelled, multifunctional, module, universal

### **Введение.**

Оптимизация машинно-тракторного парка агропредприятия состоит в обосновании состава наиболее эффективных для производства сельскохозяйственных машин и энергетических средств-тракторов с учетом направления производства и структуры возделываемых сельхозкультур, применяемых технологий. Кроме традиционных сельхоз-агрегатов, состоящих

из сельхозмашин и тракторов, последнее время все в большей степени создаются самоходные, универсальные, многофункциональные технологические комплексы с высокой востребованностью из-за возможного увеличения годовой загрузки с быстрой эффективной окупаемостью. Данные конструкторско-технологические решения [2-4, 6-9] в большей степени соответствуют развивающимся сегодня тенденциям цифрового-автоматизированного обеспечения рабочего процесса с возможным использованием искусственного интеллекта [5]. В мире, в аграрной экономике, для этого создаются как опытные образцы, так и уже рабочие конструкции разнообразных самоходных [3-4], беспилотных, автоматизированных машинных агрегатов, определяющих перспективу развития сельхозмашиностроения.

#### **Методика исследований.**

Самарский ГАУ на протяжении восьми лет (2018 -2025 г.г.) проводит научные исследования с агрохимическими комплексами «Туман-2», «Туман-3» с технико-технологической оценкой их эффективности в том числе и влияния на урожайность зерновых (пшеница яровая и озимая, кукуруза), пропашных (подсолнечник), масличных (соя), овощных (картофель лук репка,) жидких и твердых минеральных удобрений производства ПАО «КуйбышевАзот» по ГОСТ Р 53053-2008. Машины для защиты растений. Опрыскиватели. Методы испытаний; ГОСТ 28714-2024. Методы испытаний. Машины для внесения твердых минеральных удобрений. Техника сельскохозяйственная.

#### **Результаты исследований.**

Классический полевой сельхоз-агрегат для разного вида технологических операций как правило и в основном формируется по классической схеме объединения трактора и одно-операционной или комбинированной сельхозмашины. Однако эффективность и окупаемость такого агрегата наряду с положительными эксплуатационными и технико-технологическими показателями имеет значительный недостаток из-за малой сезонной загрузки сельхозмашины в отличие от энергетического средства. В связи с чем создаются многофункциональные самоходные агрегаты в модульном исполнении - технологические агрегаты на единой транспортно-энергетической платформе (рис.1), в частности агрохимический комплекс «Туман» ООО «Пегас-Агро» (г. Самара) [3-6].



а)



б)



в)



г)



д)



е)

**Рисунок 1. Комплекс «Туман»: а) - единая транспортно-энергетическая платформа; б) - разбрасыватель твердых минеральных удобрений; в) - мульти-инжекор; г) - штанговый опрыскиватель; д)-опрыскиватель вентиляторный; е)-модуль для поверхностного высева мелкосемянных культур**

Самоходный опрыскиватель-разбрасыватель «Туман-3» в продолжении моделей «Туман-2» и «Туман-1» также на общей транспортно-энергетической платформе состоит из 4-х модулей [3-4, 6]: разбрасывателя твердых удобрений (рис.1б), штангового и вентиляторного опрыскивателей для внесения жидких удобрений и пестицидов из емкости 2500 л (рис.1г, д), мульти-инжектора для инъекционного внесения жидких удобрений (рис.1д) и модуль для высева мелкосемянных культур (рис.1е). «Туман-3» компьютером автоматически регулирует расход рабочей жидкости из емкости 2500л, имеет навигационную систему, оснащен новым двигателем «Weichai» мощностью 99 л. с. Трансмиссия «Туман-3» механическая, пятиступенчатая. Несмотря на то, что колесная формула машины 6×4, то есть передние колеса не имеют привода, «Туман-3» обладает хорошей маневренностью за счет управляемых колес на переднем и заднем мосту. Благодаря этому задние колеса при развороте движутся по следу передних, уменьшая повреждение и травмирование посевов, а минимальный радиус поворота уменьшается до 12 м. «Туман-3» имеет хорошую проходимость и может оснащаться двумя типами колес: широкопрофильными низкого давления размером 19-21LT для работы ранней весной на озимых культурах (рис.1г) и узкими W8-42 для пропашных культур: кукуруза (рис. 2а), подсолнечник (рис. 2б).

Кабина комфортная-имеет тепло-шумо-изоляционное покрытие, передние и задние стекла изготовлены из триплекса, боковые стекла служат запасными выходами, имеется обдув ветрового стекла, система вентиляции, омыватель



ветрового стекла, зеркала заднего вида. Поступающий в кабину воздух очищается



б)



в)

**Рисунок 3. Подкормка пшеницы опрыскивателем (а), кукурузы (б) и подсолнечника (в) «мульти-инжектором» «Туман» жидкими удобрениями**

Многолетними исследованиями комплекса «Туман» на опытных полях Самарским ГАУ установлена его высокая эффективность при внесении инновационных жидких удобрений на базе КАС+S поверхностно опрыскивателем и внутри-почвенно, инъекционно мульти-инжектором, а также твердых азотных с серой разбрасывателем-соответствующими модулями комплекса «Туман» на яровой твердой пшенице, подсолнечнике и кукурузе в условиях среднего Поволжья и получены высокие результаты по прибавке урожайности и улучшения его качества (табл.1) [12].

**Таблица 1 – Сравнительная эффективность комплекса «Туман» при внесении инновационных удобрений на яровой пшенице, подсолнечнике, кукурузе**

Сельхоз. культура	Позиция по эффективности	Удобрение, урожайность, ц/га	Превышение урожайности над контролем, %
Яровая пшеница, твердая	1	КАС+S: 35,2	13
	2	сульфат-нитрат: 34,4	10
	3	карбамид+s: 33,5	7
	контроль	аммиачная селитра: 31,2	-
Подсолнечник	1	карбамид+S: 30,3	34
	2	сульфат-нитрат: 29,2	31
	3	КАС+S: 28,1	24

	контроль	аммиачная селитра: 22,6	-
Кукуруза	1	карбамид+S: 70,0	32
	2	сульфат-нитрат: 67,5	27
	3	КАС+S: 66,1	25
	контроль	аммиачная селитра: 52,9	

Из всех исследуемых удобрений в среднем за три года наивысшую урожайность по сравнению с контролем - аммиачная селитра, обеспечило на пшенице удобрение: жидкое-КАС+S-13%, на подсолнечнике-твердые-карбамид+S-34%; на кукурузе-карбамид+S-32%, внесенные модульным комплексом «Туман». При чем в засушливые годы жидкие удобрения КАС+S были более эффективны по сравнению с твердыми – аммиачная селитра, карбамид.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Москвичев Д.А., Виноградов О.В. Эффективность модернизации сельскохозяйственной техники путем использования модульного транспорта//Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженер-ный университет имени В.П. Горячкина". 2018. № 2 (84). С. 33-36.

2. Милюткин, В.А., Сысоев, В.Н., Макушин, А.Н., Длужевский, Н.Г. Комплексное обеспечение инновационных технологий производства сельскохозяйственных культур с применением жидких азотных удобрений КАС // Вестник ИрГСХА. 2022. № 108. - С. 19-31. (49)

3. Милюткин, В.А., Гужин, И.Н., Толпекин, С.А. Оптимальные решения агрохимических задач при возделывании сельхозкультур единой системой агрегатов «Туман» ООО «Пегас-Агро» // В сборнике: Проблемы и перспективы научно-инновационного обеспечения агропромышленного комплекса регионов. Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции. Курск, 2022. - С. 201-206. (15)

4. Милюткин В.А. Конструктивно-технологическая эффективность многофункционального агрохимического агрегата (на примере агрегатов "Туман" ООО "Пегас-Агро"). В сборнике: Проблемы и перспективы развития инженерной науки в АПК. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию работы кафедры эксплуатации и ремонта машин инженерного факультета и 90-летию доктора технических наук, профессора, почетного работника высшего профессионального образования Российской Федерации Зорина Александра Ивановича. Ижевск, 2024. С. 113-121. (0)

5. Милюткин, В.А., Вухманн, В.Е. Сельскохозяйственная техника с использованием интеллектуальных цифровых агрохимических технологий в АПК России - перспектива обеспечения экологической безопасности продукции // В сборнике: Экология: вчера, сегодня, завтра. Материалы всероссийской научно-практической конференции. 2019. - С. 332-337. (14)

6. Милюткин, В.А. Разработка и производство многофункционального агрохимического агрегата "Туман..." фирмы "Пегас-Агро" (г. Самара)-эффективное им-портозамещение // В сборнике: Современное состояние и перспективные направления развития аграрной науки. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 65-летию доктора с.-х. наук, профессора, заведующего кафедрой "Земледелие и растениеводство" В.В. Ивенина. Нижний Новгород, 2023. - С. 316-320. (0)

7. Буксман, В.Э., Милюткин, В.А., Перфилов, А.А., Толпекин, С.А., Константинов, М.М. Совершенствование конструкции рабочих органов и агрегатов для внутривспашки внесения минеральных удобрений // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 2 (70). - С. 127-130.

8. Милюткин, В.А., Толпекин, С.А. Инновационная российская агрохимическая техника импортозамещения для современных технологий. В сборнике: Основные тенденции развития АПК в современной России. Материалы всероссийской (национальной) научно-практической конференции. В 2 т. Персиановский, 2024. С. 191-196.

9. Milyutkin V.A., Sysoev V.N., Trots A.P., Guzhin I.N., Zhiltsov S.N. Technical and technological operations for the adaptation of agriculture to global warming conditions//В сборнике: Bio web of conferences. International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2019). EDP Sciences, 2020. - С. 00075. (52)

## REFERENCES

1. Moskvichev D.A., Vinogradov O.V. Efficiency of modernization of agricultural machinery through the use of modular transport//Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Goryachkin Moscow State Agroengineering University". 2018. No. 2 (84). pp. 33-36.

2. Milyutkin, V.A., Sysoev, V.N., Makushin, A.N., Dluzhevsky, N.G. Integrated provision of innovative technologies for the production of agricultural crops using liquid nitrogen fertilizers CAS//Bulletin of the IrGSHA.2022.No.108. - pp. 19-31. (49)

3. Milyutkin, V.A., Guzhin, I.N., Tolpekin, S.A. Optimal solutions to agrochemical problems in the cultivation of agricultural crops by the unified system of aggregates "Fog..." LLC "Pegas-Agro"//In the collection: Problems and prospects of scientific and innovative support of the agro-industrial complex of the regions. Collection of reports of the IV International Scientific and Practical Conference. Kursk, 2022. pp. 201-206.

4. Milyutkin V.A. Structural and technological efficiency of a multifunctional agro-chemical unit (using the example of the "Fog..."Pegasus-Agro LLC"). In the collection: Problems and prospects of development of engineering science in agriculture. Materials of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 65th anniversary of the Department of Operation and Repair of Machinery of the Faculty of Engineering and the 90th anniversary of Doctor of Technical Sciences, Professor, Honorary Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation Zorin Alexander Ivanovich. Izhevsk, 2024. pp. 113-121. (0)

5. Milyutkin, V.A., Buxmann, B.E. Agricultural machinery using intelligent digital agrochemical technologies in the Russian agro-industrial complex - the prospect of ensuring environmental safety of products//In the collection: Ecology: yesterday, today, tomorrow. Materials of the All-Russian scientific and practical conference. 2019. pp. 332-337. (14)

6. Milyutkin, V.A. Development and production of the multifunctional agrochemical unit "Tuman" by Pegas-Agro (Samara)-effective import substitution//In the collection: The current state and promising directions of the development of agricultural science. Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference dedicated to the 65th anniversary of V.V. Ivenin, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Agriculture and Crop Production. Nizhny Novgorod, 2023. pp. 316-320. (0)

7. Buksman, V.E., Milyutkin, V.A., Perfilov, A.A., Tolpekin, S.A., Konstantinov, M.M. Improving the design of working bodies and aggregates for intra-soil application of mineral fertilizers//Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. 2018. No. 2 (70), pp. 127-130.

8. Milyutkin, V.A., Tolpekin, S.A. Innovative Russian agrochemical import substitution technology for modern technologies. In the collection: The main trends in the development of agriculture in modern Russia. Materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference. In 2 volumes. Persianovsky, 2024. pp. 191-196.

9. Milyutkin V.A., Sysoev V.N., Trots A.P., Guzhin I.N., Zhiltsov S.N. Technical and technological operations for the adaptation of agriculture to global warming conditions//В сборнике: Bio web of conferences. International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2019). EDP Sciences, 2020. - С. 00075. (52)

## ОСОБЕННОСТИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РАСТИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ СУБСТРАТНЫХ БЛОКОВ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ГРИБОВ

*П.И. Павлов, И.Л. Дзюбан, А.В. Никулин*

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

**Аннотация.** В статье приведены основные материалы, используемые в качестве компонентов при формировании блоков субстрата для выращивания грибов. Обосновано формирование блоков субстрата из смеси нескольких растительных компонентов. Определены особенности физико-механических свойств растительных смесей для формирования блоков грибного субстрата.

**Ключевые слова:** грибы, субстрат, субстратный блок, растительная смесь, физико-механические свойства.

Original article

## FEATURES OF THE PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF PLANT MIXTURES FOR THE FORMATION OF SUBSTRATE BLOCKS FOR GROWING MUSHROOMS

*P.I. Pavlov, I.L. Dzyuban, A.V. Nikulin*

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

**Abstract.** The article presents the main materials used as components in the formation of substrate blocks for mushroom cultivation. The formation of substrate blocks from a mixture of several plant components is substantiated. The features of the physico-mechanical properties of plant mixtures for the formation of blocks of a fungal substrate are determined.

**Keywords:** fungi, substrate, substrate block, vegetable mixture, physico-mechanical properties.

### **Введение.**

Быстрое развитие грибной отрасли в сельскохозяйственном производстве обуславливает необходимость исследований, направленных на повышение эффективности используемых средств механизации. В свою очередь обоснование новых конструктивно-технологических схем и параметров рабочих органов машин и устройств, используемых в грибном производстве, требует изучения свойств материалов, с которыми они взаимодействуют в технологическом процессе. Основные материалы – резка соломы, лузга подсолнечника, древесная щепка и другие достаточно хорошо изучены [1-3].

Однако, субстратные блоки из отдельных материалов не всегда соответствуют требованиям по содержанию необходимых для роста грибов веществ – азота, фосфора и других микроэлементов. В некоторых материалах их недостаточно, в некоторых – избыток, что также снижает урожайность. Поэтому необходимо создавать смеси из таких материалов и формировать субстратные блоки, сбалансированные по составу. Например, недостаток азота для развития грибов в соломе пшеницы, проса, ржи может быть восполнен добавлением сена из клевера, люцерны, в которых азота переизбыток.

#### **Методика исследований.**

Приготовление растительных смесей из различного растительного сырья — соломы, лузги, листьев, опилок и др. позволит значительно улучшить состав субстратных блоков для выращивания грибов. Однако, при этом будут значительно изменяться физико-механические свойства получаемых смесей, что будет оказывать влияние на процессы взаимодействия с рабочими органами средств механизации. К основным физико-механическим свойствам растительного сырья относятся плотность, влажность, коэффициенты внешнего и внутреннего трения, сопротивление сжатию, сопротивление разрыву, сопротивление сдвигу и сопротивление резанию. Для определения плотности, влажности, коэффициентов трения можно использовать хорошо изученные методики [1-5].

#### **Результаты исследований.**

Определение сопротивления деформациям растительных материалов имеет определенные особенности. К ним относятся следующие особенности. Сопротивление материала (напряжение) зависит от величины деформации, с увеличением деформации сжатия сопротивление возрастает. В смесях растительных материалов нельзя рассматривать сопротивление деформациям отдельных элементов – стеблей, листьев и т.д. Необходимо рассматривать определенный объем смеси, состоящий из всей растительной массы. Исходная смесь и сформированный блок из этой смеси будут иметь разное сопротивление деформациям, поэтому необходимо комплексное изучение физико-механических свойств растительных смесей при различных состояниях и разработка соответствующих методик.

#### **Заключение.**

Таким образом, разработка методики исследований физико-механических свойств растительных смесей для приготовления субстратных блоков для выращивания грибов основывается как на существующих, так и на усовершенствованных и специально разработанных оригинальных методах и методиках.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Павлов П.И. Физико-механические свойства сельскохозяйственных грузов / Павлов П.И., Дёмин Е.Е., Шок О.В. – Саратов, 2006. - 130 с.

2. Физико-механические свойства растений, почв и удобрений / под ред. Буянова А.И. – М.: Колос, 1970, с. 361...368.
3. Павлов П.И. Физико-механические свойства сельскохозяйственных грузов в расчетах подъемно-транспортных машин: Учебное пособие / Павлов П.И., Дёмин Е.Е., Дзюбан И.Л. – Саратов: Волга-Медиа, 2022. – 134 с.
4. Павлов П.И. Научно-технические решения проблемы ресурсосбережения при использовании навозопогрузчиков непрерывного действия: дисс.... д-ра техн. наук: 05.20.01 / Павлов П.И. – Саратов, 2002. – 441 с.
5. Лозановская И.Н. Теория и практика использования органических удобрений. / Лозановская И.Н., Орлов Д.С., Попов П.Д. – М.: ВО Агропромиздат, 1988, 96 с.

## REFERENCES

1. Pavlov P.I. Physical and mechanical properties of agricultural cargoes / Pavlov P.I., Demin E.E., Shok O.V. - Saratov, 2006. - 130 p.
2. Physical and mechanical properties of plants, soils and fertilizers / edited by Buyanov A.I. - Moscow: Kolos, 1970, pp. 361...368.
3. Pavlov P.I. Physical and mechanical properties of agricultural cargoes in the calculations of lifting and transport machines: Textbook / Pavlov P.I., Demin E.E., Dzyuban I.L. - Saratov: Volga-Media, 2022. - 134 p.
4. Pavlov P.I. Scientific and technical solutions to the problem of resource conservation when using continuous manure loaders: diss.... Doctor of Engineering. Sciences: 05.20.01 / Pavlov P.I. – Saratov, 2002. – 441 p.
5. Lozanovskaya I.N. Theory and practice of using organic fertilizers. / Lozanovskaya I.N., Orlov D.S., Popov P.D. – M.: VO Agropromizdat, 1988, 96 p. На английском

Научная статья

УДК 621.867

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ОБРАЗЕЦ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОЧИСТКИ ТРАНСПОРТЕРНЫХ ЛЕНТ

*П.И. Павлов, В.А. Курунин*

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

**Аннотация.** В статье приведено устройство экспериментального образца устройства для очистки транспортерных лент от загрязнений, образующихся при транспортировании различных видов зерна. Изложен принцип работы и настройки для проведения экспериментальных исследований.

**Ключевые слова:** Очистка, конвейер, транспортерная лента, щетка, экспериментальный образец.

Original article

## AN EXPERIMENTAL SAMPLE OF A CONVEYOR BELT CLEANING DEVICE

*P.I. Pavlov, V.A. Kurunin*

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

**Abstract.** The article presents an experimental device for cleaning conveyor belts from contaminants generated during transportation of various types of grain. The principle of operation and settings for conducting experimental research are described.

**Keywords:** Cleaning, conveyor, conveyor belt, brush, experimental sample.

### **Введение.**

Очистка транспортерной ленты от различных видов загрязнений является важным аспектом поддержания бесперебойной работы конвейерных систем [1]. Недостаточная или неэффективная очистка ленты влечет за собой серьезные негативные последствия [2]. В том числе экономические потери, включающие в себя не только прямые потери продукта, но и ускоренный износ оборудования. Периодическая очистка конвейерных лент в сельском хозяйстве является важной процедурой, направленной на поддержание качества продукции, повышение производительности и обеспечение безопасности производственных процессов.

### **Методика исследований.**

Основная проблема очистки транспортерных лент заключается в стойком налипании груза. При этом усилителями налипания выступают влажность груза свыше 15%, его температура и наличие липких компонентов, таких как жиры и



сахара [1]. Представлен пример загрязнения транспортной ленты на элеваторе (рис.1).



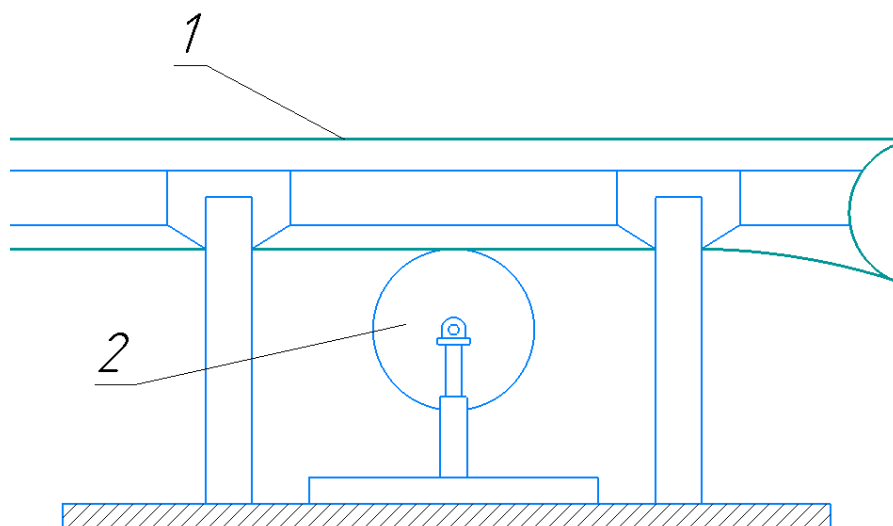
**Рисунок 1. Пример загрязнений транспортной ленты на элеваторе**

Для удаления загрязнений разработано устройство для очистки транспортной ленты (рис.2). Устройство работает следующим образом. Вал со щетками приводится в движение электродвигателем. Щетка начинают вращаться с заданной скоростью, касаясь поверхности ленты под определённым углом. Щетка при контакте с лентой механически снимает с неё налипший материал - пыль, грязь, остатки продукции и даже твёрдые частицы. Для эффективной очистки важно контролировать давление, которое щетки оказывают на ленту. Слишком большое давление может повредить ленту, а слишком малое — не обеспечить достаточную очистку. Поэтому в процессе работы устройства часто необходимо регулировать это давление в зависимости от степени загрязнённости и износостойкости ленты. Давление на транспортную ленту можно изменить за счет того что, щеточный барабан установлен с возможностью вертикального перемещения при помощи стоек и вертикальных опор за счет изменения высоты. Для достижения наилучшего результата также необходимо выбрать оптимальную скорость вращения щетки и угол установки щеточного устройства относительно транспортной ленты.



**Рисунок 2. Экспериментальный образец устройства  
для очистки транспортерных лент**  
**Результаты исследований.**

Задача данного экспериментального образца устройства для очистки транспортерных лент - повысить эффективность очистки транспортерных лент и обосновать оптимальные параметры его работы. Результаты данного исследования могут быть применены для повышения эффективности работы конвейерных систем, снижения износа оборудования, увеличения срока службы транспортерных лент и улучшения качества производственного процесса в целом. Устройство устанавливается под холостую ветвью ленточного транспортера (рис.3). Важным элементом данной машины является система регулировки давления, которое щетки оказывают на ленту. Это может осуществляться с помощью регулирования высоты расположения щеточного барабана.



**Рисунок 3. Положение устройства для очистки  
под лентой конвейера**

**Заключение.**

Разработанный экспериментальный образец устройства для очистки транспортерных лент позволяет исследовать различные режимы работы щеток, а также параметры щеточного барабана и используемых щеток.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Тарасов, Ю. Д. Очистка конвейерных лент и подконвейерного пространства / Ю.Д.Тарасов. - М.: Недра, 1993. - 193 с.
2. Бибииков П.Я. Влияние текстуры поверхности конвейерной ленты на выбор очистительного устройства. Сб. трудов. Технология производства нерудных строительных и облицовочных материалов. М.: ВНИПИИстромсырье. ВНИИЖБ, 1986. С. 149-155.

## REFERENCES

1. Tarasov, Yu. D. Cleaning of Conveyor Belts and Sub-Conveyor Space / Yu. D. Tarasov. - Moscow: Nedra, 1993. - 193 p.
2. Bibikov, P. Ya. Influence of Conveyor Belt Surface Texture on the Selection of a Cleaning Device. Collection of Works. Technology of Production of Non-Metallic Construction and Facing Materials. Moscow: VNIPIIstromsyrie. VNIIZhB, 1986. pp. 149-155.

## НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МАСЛЯНОГО ПРЕССА СО ШНЕКОМ С ЛИНЕЙНО УМЕНЬШАЮЩИМСЯ МЕЖВИТКОВЫМ ОБЪЕМОМ

*М.В. Поликанов, Ю.В. Польшвин, А.В. Яшин, А.В. Поликанов,  
М.В. Кочнева*

ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ, г. Пенза

**Аннотация.** В статье приводится описание результатов экспериментальных исследований по определению мощности и оптимальных конструктивных и кинематических параметров масляного пресса со шнеком с линейно уменьшающимся межвитковым объемом. Для проведения экспериментальных исследований была выбрана матрица близкого к D-оптимальному плану трехфакторного эксперимента.

**Ключевые слова:** масляный пресс, шнек, межвитковый объем, частота вращения, конусность вала шнека, угол наклона кожуха шнека, энергоемкость, мощность.

Original article

## SOME RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES OF AN OIL PRESS WITH A SCREW WITH LINEARLY DECREASING INTERTURN VOLUME

*M.V. Polikanov, Yu.V. Polyvany, A.V. Yashin, A.V. Polikanov,  
M.V. Kochneva*

Penza State Agrarian University, Penza

**Abstract.** This article describes the results of experimental studies to determine the power and optimal design and kinematic parameters of an oil press with a screw with a linearly decreasing interturn volume. A matrix of a near-D-optimal three-factor experimental design was chosen for the experimental studies.

**Keywords:** oil press, screw, interturn volume, rotational speed, screw shaft taper, screw housing angle, energy capacity, power.

Для устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации необходима техническая и технологическая модернизация АПК, что позволит произвести импортозамещение конкурентоспособной продукцией и обеспечить экономическую безопасность [5]. Одним из основных видов молочной продукции, употребляемой населением и имеющей наибольшую стоимость является сливочное масло. При производстве сливочного масла методом сбивания малоизученным вопросом остается обеспечение операции доработки масляного зерна в сливочное масло. Обеспечение данной операции позволяет

довести структуру масляного зерна, полученного после сбивания сливок, до консистенции сливочного масла с необходимым содержанием воздуха и влаги в соответствии с ГОСТ 32261-2013 [2]. Для этого предложен масляный пресс со шнеком с линейно уменьшающимся межвитковым объемом [3, 4], который позволяет при его воздействии на масляное зерно отделить излишек влаги, произвести смешивание конгломератов масляного зерна с их пластификацией, перемешивание с диспергированием остатков влаги и воздуха, прессование с текстурированием до консистенции сливочного масла.

Экспериментальные исследования масляного пресса со шнеком с линейно уменьшающимся межвитковым объемом для доработки масляного зерна в сливочное масло проводились на лабораторной установке, разработанной на кафедре «Механизация технологических процессов в АПК» ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ [3, 4]. Мощность, затрачиваемая на доработку масляного зерна в сливочное масло, определялась по показаниям электроизмерительного комплекса.

Масляное зерно при проведении опытов было произведено методом периодического сбивания на маслоизготовителе из сливок жирностью 38% при температуре 10<sup>0</sup>С, что соответствовало требованиям ГОСТ Р 53435-2009.

Масса батончика и его размеры соответствовали ГОСТ 32261-2013 [2], а полимерный рукав по ГОСТ 10589-2016 [1] и ТУ 22.21.30-001-50845814-2010 [6].

На основании априорной информации, поисковых опытов, теоретического обоснования конструктивных, кинематических и технологических параметров масляного пресса с линейно уменьшающимся межвитковым объемом были выбраны наиболее существенные факторы, исследуемые экспериментально: частота вращения шнека, мин<sup>-1</sup>, конусность вала шнека, угол наклона кожуха шнека, град. В таблице 1 представлены факторы и уровни их варьирования при трехфакторном эксперименте.

**Таблица 1 – Факторы и уровни их варьирования**

Обозначение	Наименование фактора	Уровни варьирования		
		-1	0	+1
x <sub>1</sub>	Частота вращения шнека, мин <sup>-1</sup>	7	10	13
x <sub>2</sub>	Конусность вала шнека	0,01	0,02	0,03
x <sub>3</sub>	Угол наклона кожуха шнека, град.	5	10	15

Для проведения экспериментальных исследований была выбрана матрица близкого к D-оптимальному плану трехфакторного эксперимента.

Математическая обработка результатов проводилась с использованием компьютерных программ Statistica v 13.3, MathCAD v 15.0, Microsoft Excel на ПЭВМ.

Уровни значимости факторов (параметров) на затрачиваемую мощность для зависимости второго порядка следующие:  $a_0 = 74$ ;  $a_1 = 4,3$ ;  $a_2 = -0,8$ ;  $a_3 = -0,9$ ;  $a_{11} = 4$ ;  $a_{22} = 1,5$ ;  $a_{33} = 1$ ;  $a_{12} = 0,125$ ;  $a_{13} = -1,125$ ;  $a_{23} = 0,375$ .

Согласно полученным данным математическая зависимость энергоемкости доработки масляного зерна в сливочное масло параметров масляного пресса со шнеком с линейно уменьшающимся межвитковым объемом окончательно в закодированном виде примет вид:

$$N = 74 + 4,3 \cdot x_1 - 0,8 \cdot x_2 - 0,9 \cdot x_3 + 0,125 \cdot x_1 \cdot x_2 - 1,125 \cdot x_1 \cdot x_3 + 0,375 \cdot x_2 \cdot x_3 + 4 \cdot x_1^2 + 1,5 \cdot x_2^2 + 1 \cdot x_3^2, \text{ Вт} \quad (1)$$

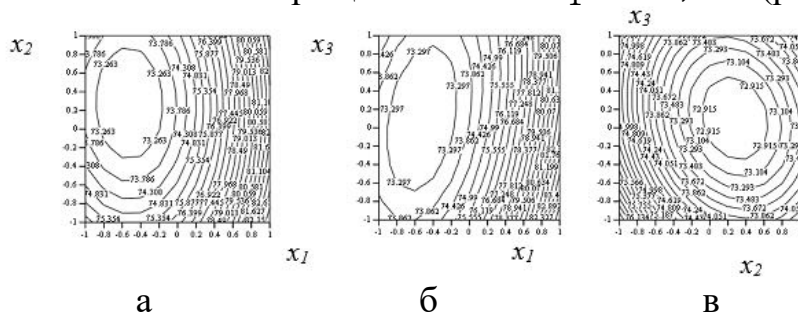
При этом множественный коэффициент корреляции  $R = 0,999$ , а  $F\text{-тест} = 0,99$ . Следовательно, полученная математическая зависимость (1) адекватно описывает результаты опытов.

Для определения оптимальных параметров масляного пресса со шнеком с линейно уменьшающимся межвитковым объемом по энергоемкости доработки масляного зерна в сливочное масло, полученные данные были обработаны в программе MathCAD v 15.0 на предмет поиска экстремума функции (1). Для чего полученную математическую зависимость (1) про дифференцировали по переменным  $x_1, x_2, x_3$  и получив систему уравнений, приравняли каждое из них к нулю. Решением системы уравнений определили оптимальные значения параметров масляного пресса в закодированном виде.

При оптимальных значениях параметров масляного пресса со шнеком с линейно уменьшающимся межвитковым объемом энергоемкость доработки масляного зерна в сливочное масло составит:

$$N_{\text{optimum}} = 74 + 4,3 \cdot (x_1 = -0,528) - 0,8 \cdot (x_2 = 0,276) - 0,9 \cdot (x_3 = 0,102) + 0,125 \cdot (x_1 = -0,528) \cdot (x_2 = 0,276) - 1,125 \cdot (x_1 = -0,528) \cdot (x_3 = 0,102) + 0,375 \cdot (x_2 = 0,276) \cdot (x_3 = 0,102) + 4 \cdot (x_1 = -0,528)^2 + 1,5 \cdot (x_2 = 0,276)^2 + 1 \cdot (x_3 = 0,102)^2 = 72,71 \text{ Вт} \quad (2)$$

В результате проведенных расчетов построено двухмерное сечение поверхности отклика мощности затрачиваемой на доработку масляного зерна в сливочное масло масляным прессом со шнеком с линейно уменьшающимся межвитковым объемом от частоты вращения шнека  $x_1$  и конусности вала шнека  $x_2$  при оптимальном значении угла наклона кожуха шнека  $x_3 = 0,102$  (рисунок 1 а), от частоты вращения шнека  $x_1$  и угла наклона выгрузного канала  $x_3$  при оптимальном значении конусности вала шнека  $x_2 = 0,276$  (рисунок 1 б), от конусности вала шнека  $x_2$  и угла наклона кожуха шнека  $x_3$  при оптимальном значении частоты вращения шнека  $x_1 = -0,528$  (рисунок 1 в).



**Рисунок 1. Двухмерное сечение поверхности отклика мощности  
затрачиваемой на доработку масляного зерна в сливочное масло  
масляным прессом со шнеком с линейно уменьшающимся межвитковым  
объемом**

Полученные двухмерные сечения поверхности отклика мощности доработки масляного зерна в сливочное масло масляным прессом со шнеком с линейно уменьшающимся межвитковым объемом (рис. 1) указывают на нахождение экстремума и получение минимального значения в 72,71 Вт с учетом проведенного расчета по зависимости (1).

По результатам экспериментальных исследований в лабораторных условиях энергоемкости доработки масляного зерна в сливочное масло масляным прессом со шнеком с линейно уменьшающимся межвитковым объемом определены оптимальные конструктивные и кинематический параметры: частота вращения шнека 10,457 мин<sup>-1</sup>, конусность вала шнека 0,01473, угол наклона кожуха шнека 9,66 град. Энергоемкость доработки масляного зерна в сливочное масло масляным прессом со шнеком с линейно уменьшающимся межвитковым объемом составляет: при оптимальных параметрах составляет 3,436 Вт · ч / кг.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. ГОСТ 10589-2016 Полиамид 610 литьевой. Технические условия // Режим доступа URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/64246/> (дата обращения 15.05.2025)
2. ГОСТ 32261-2013 Масло сливочное. Технические условия // Режим доступа URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/55947/> / (дата обращения 15.05.2025)
3. Инновационная конструкция масляного пресса / М. В. Поликанов, Ю. В. Польшяный, А. В. Яшин [и др.] // Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса : Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Пенза, 28–29 марта 2024 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2024. – С. 11-14.
4. Инновационная конструкция масляного пресса / М. В. Поликанов, Ю. В. Польшяный, А. В. Яшин [и др.] // Сельский механизатор. – 2025. – № 3. – С. 34-35. – DOI 10.47336/0131-7393-2025-3-34-35-40. – EDN JATECE.
5. Стратегия устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2030 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 2 февраля 2015 г. № 151-р), утвержденной распоряжением Правительства РФ от 2 февраля 2015 г. № 151 // Режим доступа URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70761426/> (дата обращения 15.05.2025)



6. ТУ 2245-001-50845814-2010 "Оболочка колбасная синтетическая многослойная термоусадочная "Биолон" (газопароводонепроницаемая "Биолон" (тип: MS, LT, ST, SP), дымопроницаемая "Биолон Смок" (тип: 100, 50, F); бесцветные и цветные; с флексографической печатью и без флексографической печати) // Режим доступа URL: [https://e-ecolog.ru/crc/78.01.08.224.T.000494.03.10?utm\\_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F](https://e-ecolog.ru/crc/78.01.08.224.T.000494.03.10?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F) (дата обращения 15.05.2025)

## REFERENCES

1. GOST 10589-2016 Casting polyamide 610. Specifications//URL access mode: <https://internet-law.ru/gosts/gost/64246/> (date of access 15.05.2025)
2. GOST 32261-2013 Butter. Specifications//URL access mode: <https://internet-law.ru/gosts/gost/55947/> ( date of access 15.05.2025)
3. Innovative design of an oil press/M.V. Polikanov, Yu. V. Polyvyany, A. V. Yashin [et al. ]//Innovative ideas of young IS investigators for the agro-industrial complex: Collection of materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Penza, March 28-29, 2024. - Penza: Penza State Agrarian University, 2024. - S. 11-14.
4. Innovative design of an oil press/M.V. Polikanov, Yu. V. Polyvyany, A.V. Yashin [et al. ]//Rural machine operator. – 2025. – № 3. - S. 34-35. – DOI 10.47336/0131-7393-2025-3-34-35-40. – EDN JATECE.
5. Strategy for Sustainable Development of Rural Areas of the Russian Federation until 2030 (approved by by order of the Government of the Russian Federation of February 2, 2015 No. 151-r), approved by order of the Government of the Russian Federation of February 2, 2015 No. 151//URL access mode: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70761426/> (date of reference 15.05.2025)
6. ТУ 2245-001-50845814-2010 "Synthetic multilayer heat-shrinkable sausage casing" Biolon "(gas-vapor-impermeable" Bio-lon "(type: MS, LT, ST, SP), smoke-permeable" Biolon Smoke "(type: 100, 50, F); colorless and colored; with flexographic printing and without flexographic printing )//URL access mode: [https://e-ecolog.ru/crc/78.01.08.224.T.000494.03.10?utm\\_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F](https://e-ecolog.ru/crc/78.01.08.224.T.000494.03.10?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F) (access date 15.05.2025)



## МОНИТОРИНГ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

*А.С. Старцев, М.Д. Борщев, О.С. Дворянчиков*

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

**Аннотация.** Представлены основные типы и виды датчиков и систем, используемых для контроля агротехнических требований, предъявляемых к обработке почвы. Представлены преимущества и недостатки использования.

**Ключевые слова:** датчики, почва, системы, модуль. измерение, сигнал, глубина, электрические сигналы, модуль, повышение эффективности, снижение затрат.

Original article

## MONITORING OF AUTOMATION TOOLS FOR SOIL TREATMENT CONTROL

*A.S. Startsev, M.D. Borshchev, and O.S. Dvoryanchikov*

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

**Abstract:** the article presents the main types and species of sensors and systems used to control the agrotechnical requirements for soil treatment. The advantages and disadvantages of using these systems are also discussed.

**Keywords:** sensors, soil, systems, module. measurement, signal, depth, electrical signals, module, increased efficiency, reduced costs.

### **Введение.**

В условиях растущего спроса на сельскохозяйственную продукцию и ограниченности ресурсов особое значение приобретает внедрение новых технологий в аграрный сектор [1, 7]. Использование автоматизированных систем характеризуется снижением затрат труда и ГСМ, контроля технологических операций и точности их проведения [5, 6].

Современные подходы к обработке почвы, основанные на точных данных и автоматизированных системах контроля, открывают новые возможности для повышения эффективности сельскохозяйственных процессов при минимальных затратах [11].

Агротехнические требования к обработке почвы включают в себя множество параметров, которые необходимо учитывать для достижения

оптимальных условий для роста растений. Традиционные методы контроля этих параметров часто оказываются трудоёмкими и недостаточно точными [2]. В связи с этим возрастает роль датчиков и автоматизированных систем, способных в режиме реального времени контролировать процесс обработки почвы [12]. Также они позволяют оперативно получать информацию о состоянии почвы и вносить необходимые корректировки в процессы обработки, что способствует повышению производительности и минимизации затрат.

### **Методика исследований.**

Целью мониторинга является оценка эффективности использования средств автоматизации в процессах обработки почвы. Рассмотрим основные типы датчиков и автоматизированных систем контроля, их функции и преимущества, а также примеры практического применения в аграрной отрасли.

### **Результаты исследований.**

#### **Ультразвуковой датчик глубины обработки почвы**

Ультразвуковой датчик глубины обработки почвы — это высокотехнологичное устройство, использующее ультразвуковые волны для точного измерения расстояния от поверхности датчика до почвы.

Принцип его работы основан на отправке ультразвукового сигнала и измерении времени, за которое сигнал отражается от поверхности почвы и возвращается к датчику [9]. На основе этого времени датчик вычисляет расстояние до почвы, что позволяет определить глубину обработки (рис. 1).

Датчики такого типа состоят из следующих компонентов:

1. Ультразвуковой излучатель: генерирует ультразвуковые волны, которые направляются к поверхности почвы.
2. Приёмник: принимает отражённые ультразвуковые волны и преобразует их в электрические сигналы.
3. Процессор: обрабатывает полученные сигналы и вычисляет расстояние до поверхности почвы.
4. Интерфейс связи: передаёт данные о глубине обработки в систему управления или на монитор.



**Рисунок 1. Ультразвуковой датчик глубины обработки почвы**

К преимуществам ультразвуковых датчиков можно отнести:

1. Точность. Ультразвуковые датчики обеспечивают высокую точность измерений.

2. Автоматизация. Датчики могут быть интегрированы в системы автоматизированного контроля, которые автоматически регулируют работу сельскохозяйственной техники в зависимости от полученных данных [3]. Снижение затрат на ресурсы.

3. Повышение урожайности.

4. Универсальность.

Также стоит отменить некоторые недостатки:

1. Высокая стоимость.

2. Сложность настройки.

3. Зависимость от погодных условий.

4. Необходимость технического обслуживания. Ультразвуковые датчики требуют регулярного технического обслуживания для поддержания их точности и надёжности.

### **Лазерные датчики для определения глубины обработки почвы**

Лазерные датчики для определения глубины обработки почвы – это устройства, которые используют лазерные технологии для измерения расстояния от поверхности почвы до определённой точки. Они крепятся на раму орудия, обрабатывающего почву [8].

Принцип работы лазерного датчика основан на измерении времени прохождения лазерного луча от источника до поверхности почвы и обратно. Зная скорость распространения света в воздухе и коэффициент преломления света на границе «воздух-почва», можно рассчитать расстояние до поверхности (рис. 2).

Основные компоненты лазерного датчика включают:

1. Лазерный излучатель: генерирует лазерный луч, который направляется к поверхности почвы.

2. Приёмник: принимает отражённый лазерный сигнал и преобразует его в электрические сигналы.

3. Процессор: обрабатывает полученные сигналы и вычисляет расстояние до поверхности почвы.

4. Интерфейс связи: передаёт данные о глубине обработки в систему управления или на монитор.

Преимущества:

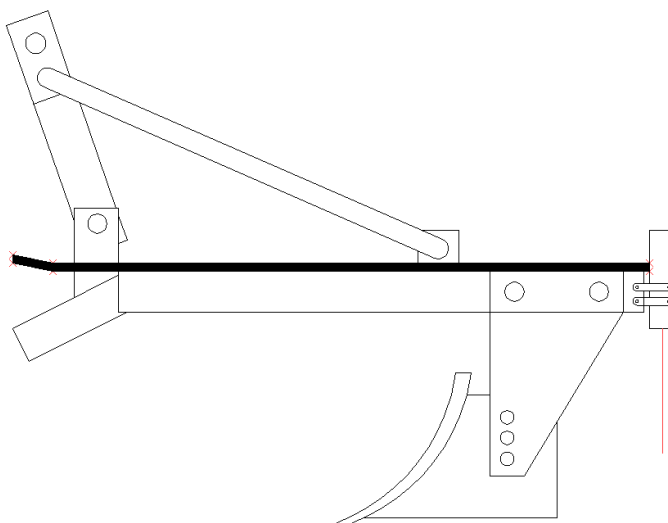
1. Непрерывный мониторинг: датчик предоставляет непрерывные данные о процессе обработки, что позволяет операторам своевременно реагировать на изменения и корректировать параметры работы.

2. Высокая точность: лазерные датчики обеспечивают очень точные измерения глубины обработки почвы, что позволяет оптимизировать процесс и избежать излишнего или недостаточного уплотнения почвы.

3. Автоматизация. Датчики могут быть интегрированы в системы

автоматизированного контроля.

4. Устойчивость к внешним условиям: лазерные датчики менее чувствительны к загрязнениям и пыли по сравнению с ультразвуковыми датчиками, что обеспечивает более стабильную работу в различных условиях.



**Рисунок 2. Лазерный датчик для контроля глубины обработки почвы**

Недостатки:

1. Техническое обслуживание и уход. Лазерные датчики требуют регулярного технического обслуживания и очистки от грязи.

2. Сложность установки: установка лазерных датчиков может потребовать более тщательной настройки и калибровки, чтобы обеспечить точность измерений.

3. Влияние внешних условий: хотя лазерные датчики устойчивы к загрязнениям, точность измерений может зависеть от других внешних условий, таких как влажность, температура и наличие препятствий на пути лазерного луча.

#### **Датчик угла наклона навесного оборудования**

Датчик угла наклона навесного оборудования – это устройство, которое позволяет автоматически контролировать положение навесного сельскохозяйственного оборудования относительно земли [4]. Он применяется для обеспечения равномерной глубины обработки почвы и улучшения качества работы (рис. 3).

Такой датчик обычно состоит из двух основных компонентов:

1. Сенсорный элемент: определяет текущий угол наклона оборудования.

2. Электронный блок управления: обрабатывает сигналы от сенсорного элемента и сравнивает их с заданными параметрами. Если угол наклона отличается от заданного, блок управления выдаёт корректирующий сигнал.

Преимущества использования датчика угла наклона навесного оборудования:

1. Повышение эффективности работы: автоматическое регулирования

угла наклона оборудования позволяет сократить время на настройку и обеспечить более равномерную глубину обработки.



**Рисунок 3. Датчик угла наклона навесного оборудования**

2. Повышение качества обработки почвы: поддержание оптимального угла наклона способствует лучшему рыхлению и аэрации почвы, что благоприятно влияет на рост растений.

3. Снижение риска повреждений: датчик помогает предотвратить чрезмерное заглубление или выскакивание оборудования из почвы, что снижает риск повреждения как самого оборудования, так и обрабатываемой поверхности.

К недостаткам можно отнести:

1. Потенциальную ненадёжность. Датчики угла наклона могут быть подвержены сбоям и отказам из-за механических повреждений, воздействия влаги или пыли. Это может привести к неправильной работе оборудования и снижению качества обработки почвы.

2. Необходимость обучения персонала. Для эффективного использования датчиков угла наклона персоналу потребуется пройти обучение по их настройке и обслуживанию.

### **Оборудование для мониторинга и анализа состояния почвы и сельскохозяйственных культур типа Iscan**

Модуль iScan, установленный на почвообрабатывающем или посевном агрегате, позволяет собирать данные о влажности, температуре и содержании органических веществ в почве [10] (рис. 4). Эти данные могут использоваться не только для формирования электронных карт полей, но также для настроек агрегата и принятия оперативных решений перед началом и во время выполнения технологических операций.

Система Iscan состоит из четырех модулей:

Модуль измерения влажности даёт фермерам немедленную обратную связь о изменениях влажности на всём поле. С этой информацией можно оптимизировать настройки сеялок и инструментов для обработки почвы с

учётом разных условий влажности.

1. Модуль измерения температуры позволяет принимать решения о посадке ещё до того, как сеялка выйдет на поле. При присоединении к сеялке модуль может измерять температуру и влажность выше и ниже текущей капли семян.

2. Модуль измерения катионной обменной ёмкости (СЕС) даёт информацию о глубине почвы и её водоудерживающей способности. Для этого измеряется электропроводность почвы.

3. Модуль измерения органического вещества (ОМ) позволяет точно управлять средой для каждого урожая. Содержание органических веществ определяют путём измерения коэффициента отражения земли в красном и инфракрасном свете.



**Рисунок 4. Модульная система Iscan**

К преимуществам данной системы можно отнести:

1. Возможность в режиме реального времени отслеживать изменения условий почвы.

2. Совместимость с различными программными инструментами. Поток данных можно адаптировать под нужды управления агрегатом, а выходные файлы совместимы со всеми фермерскими программными инструментами.

3. Универсальность.

4. Снижение затрат на топливо, удобрения и другие ресурсы благодаря более рациональному использованию.

5. Улучшение качества урожая благодаря своевременному реагированию на изменения состояния почвы и погодных условий.

Недостатки системы:

1. Необходимость обучения персонала: для эффективного использования системы Iscan требуется, чтобы операторы и агрономы прошли обучение и



освоили работу с новым оборудованием и программным обеспечением.

2. Высокая стоимость внедрения и обслуживания: приобретение датчиков, программного обеспечения и оборудования для системы может потребовать значительных начальных инвестиций. Кроме того, регулярное обслуживание и обновление системы также могут быть затратными.

### **Комплекс Veris MSP3**

Комплекс Veris MSP3 – это оборудование, предназначенное для агрегатирования с трактором, которое используется в сельском хозяйстве для точного определения параметров почвы (рис. 5). Оно помогает фермерам и агрономам принимать обоснованные решения по управлению плодородием почвы и оптимизации применения удобрений.

Основные характеристики и функции Veris MSP3:

1. Измерение электропроводности почвы: система измеряет электропроводность почвы, что позволяет определить её плодородие и влажность. Это помогает в планировании применения удобрений и воды.

2. Определение содержания органических веществ: MSP3 также может измерять уровень органических веществ в почве, что важно для оценки её плодородия и здоровья.

3. Картографирование почвы: оборудование создаёт подробные карты почвы, отображая вариации её свойств по всему полю. Это позволяет фермерам применять переменные нормы удобрений и других материалов в зависимости от потребностей разных участков поля.

4. Интеграция с GPS: система может быть интегрирована с GPS-технологиями, что обеспечивает точное позиционирование и картографирование данных о почве.

5. Простота агрегатирования с тракторами: Veris MSP3 разработан для лёгкого агрегатирования с различными моделями тракторов, что делает его удобным в использовании на разных фермах.

Оборудование Veris MSP3 используется для проведения детального анализа почвы на полях. Данные, полученные с помощью системы, могут быть использованы для создания карт плодородия, планирования применения удобрений, воды и других материалов. Это помогает фермерам оптимизировать процессы выращивания и повышать урожайность при одновременном снижении затрат.



**Рисунок 5. Комплекс Veris MSP3**

Преимущества использования Veris MSP3:

1. Повышение эффективности применения удобрений за счёт точного определения потребностей почвы.
2. Снижение затрат на удобрения и другие материалы благодаря их рациональному использованию.
3. Улучшение качества урожая благодаря оптимизации условий выращивания.
4. Возможность создания точных карт почвы для долгосрочного планирования и управления плодородием.

Система Veris MSP3 обладает рядом преимуществ, однако есть и некоторые недостатки, которые следует учитывать:

1. Высокая стоимость: приобретение оборудования Veris MSP3 и его интеграция с существующей техникой и системами может потребовать значительных финансовых вложений. Это может быть препятствием для небольших хозяйств или фермеров с ограниченными бюджетами.
2. Необходимость обучения персонала: для эффективного использования системы требуется, чтобы операторы и агрономы прошли обучение и освоили работу с новым оборудованием. Это может потребовать дополнительного времени и ресурсов.
3. Зависимость от погодных условий и состояния почвы: точность измерений может зависеть от внешних условий, таких как влажность почвы и погодные условия. В некоторых случаях это может повлиять на качество данных и их интерпретацию.

#### **Результаты исследований.**

Использование датчиков и систем контроля агротребований в сельском хозяйстве представляет собой значительный этап в направлении повышения эффективности аграрного производства. Эти технологии позволяют получать точные данные о состоянии почвы, погодных условиях, работе техники и других ключевых параметрах, что способствует более рациональному использованию ресурсов, снижению затрат и повышению урожайности.

#### **Заключение.**

В целом, датчики и системы контроля агротребований открывают новые возможности для сельского хозяйства, способствуя его трансформации в более эффективное, устойчивое и конкурентоспособное производство. Несмотря на существующие сложности, преимущества этих технологий делают их важным направлением для развития аграрного сектора.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Атаманкина, Л. Н. Роботизированная технология для производства молока от индивидуально взятой коровы / Л. Н. Атаманкина, Г. Г. Габдуллин, Ю. Г. Иванов // Актуальные направления развития техники и технологий в России и за рубежом – реалии, возможности, перспективы: Материалы III Всероссийской научно-практической конференции, Княгинино, 22 марта 2018



года. Том I. – Княгинино: Издательство НГИЭУ, 2018. – С. 120-124. – EDN YTTEZI.

2. Беспилотные летательные аппараты как средство повышения эффективности сельскохозяйственного производства и мониторинга в условиях Оренбургской области / И. Н. Глушков, А. П. Несват, Е. В. Квиндт [и др.] // 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. 290-295. – EDN SYODRO.

3. Глубина посева – контроль и автоматизация. Применение ультразвукового датчика приближения. – Текст: электронный // Эскорт системы мониторинга. Регионы: [сайт]. – URL: <https://www.fmeter.ru / infocenter / helpful / dgy-200-glubina-poseva/> (дата обращения 12.05.2025).

4. Датчики мониторинга и контроля сельхозтехники. – Текст: электронный // Агросигнал. Регионы: [сайт]. – URL: <https://agrosignal.com/articles/datchiki-monitoringa-i-kontrolya-selkhoztekhniki/?ysclid=me51b69d81681131349> (дата обращения 16.05.2025).

5. Иванов, Ю. Г. Автоматизация животноводства: Практикум / Ю. Г. Иванов, Г. Г. Габдуллин, Д. А. Понизовкин. – М.: МЭСХ, 2017. – 276 с. – EDN ZGTYYL.

6. Камалетдинов, Р. Р. Энтропийные МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА И СТАБИЛЬНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН / Р. Р. Камалетдинов, С. Г. Мударисов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2018. – Т. 13, № 3(50). – С. 85-89. – DOI 10.12737/article\_5bcf57ae841405.54552818. – EDN YNZPSH.

7. Оценка перспектив применения беспилотных летательных аппаратов в мониторинге земель / И. Н. Глушков, Ю. А. Ушаков, А. С. Вольнов [и др.] // 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. 245-248. – EDN BGJSRK.

8. Патент № 111630 Российская Федерация, G01B 13/00 (2006.01). Система контроля глубины обработки почвы для испытания почвообрабатывающих машин или орудий: № 2011119362: заявл. 2011.05.13; опубл. 2011.12.20 / Киреев И. М., Коваль З. М., Назаров А. Н. заявитель ФГНУ "Росинформагротех". – 10 с.

9. Строк, Е. Я. Бесконтактное регулирование глубины обработки почвы с применением ультразвукового датчика и гидравлики трактора / Е. Я. Строк, С. В. Савчук // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной

академии. — 2014. — № 3. — С. 81–85.

10. Точное земледелие: системы отбора проб и картографирования. — Текст: электронный // ГлавПахарь. Регионы: [сайт]. — URL: <https://glavpahar.ru/articles/tochnoe-zemledelie-sistemy-otbora-prob-i-kartografirovaniya> (дата обращения 19.05.2025).

11. Evaluation of the efficiency of mechanized technological processes of agricultural production / I. I. Gabitov, S. G. Mudarisov, I. D. Gafurov [et al.] // Journal of Engineering and Applied Sciences. — 2018. — Vol. 13, No. S10. — P. 8338-8345. — DOI 10.3923/jeasci.2018.8338.8345. — EDN MGKH XV.

12. Modeling the technological process of tillage / S. G. Mudarisov, I. I. Gabitov, Y. P. Lobachevsky [et al.] // Soil & Tillage Research. — 2019. — Vol. 190. — P. 70-77. — DOI 10.1016/j.still.2018.12.004. — EDN PPQETF.

## REFERENCES

1. Atamankina, L. N. Robotic technology for the production of milk from an individual cow / L. N. Atamankina, G. G. Gabdullin, and Yu. G. Ivanov // Actual Directions of the Development of Engineering and Technologies in Russia and Abroad – Realities, Opportunities, and Prospects: Materials of the III All-Russian Scientific and Practical Conference, Knyaginino, March 22, 2018. Volume I. — Knyaginino: NGIU Publishing House, 2018. — Pp. 120-124. — EDN YTTEZI.

2. Unmanned Aerial Vehicles as a Means of Improving the Efficiency of Agricultural Production and Monitoring in the Orenburg Region / I. N. Glushkov, A. P. Nesvat, E. V. Kvindt [et al.] // Improving the Engineering and Technical Support of Production Processes and Technological Systems: Proceedings of the National Scientific and Practical Conference with International Participation Dedicated to the 75th Anniversary of the Engineering Department of the Orenburg State Agrarian University, Orenburg, February 7, 2025. — Orenburg: Orenburg State Agrarian University, 2025. — Pp. 290-295. — EDN SYODRO.

3. Seeding depth – control and automation. Application of an ultrasonic proximity sensor. — Text: electronic // Escort of the monitoring system. Regions: [website]. — URL: <https://www.fmeter.ru/infocenter/helpful/dgv-200-glubina-poseva/> (accessed on 12.05.2025).

4. Sensors for monitoring and controlling agricultural machinery. — Text: electronic // Agrosignal. Regions: [website]. — URL: <https://agrosignal.com/articles/datchiki-monitoringa-i-kontrolya-selkhoztekhniki/?ysclid=me5lb69d8l681131349> (accessed on 16.05.2025).

5. Ivanov, Yu. G. Automation of Animal Husbandry: A Practical Guide / Yu. G. Ivanov, G. G. Gabdullin, and D. A. Ponizovkin. — Moscow: MESKH, 2017. — 276 p. — EDN ZGTYYL.

6. Kamaletdinov, R. R. Entropic Methods for Assessing the Quality and Stability of Technological Operations in Agricultural Machinery / R. R. Kamaletdinov, S. G. Mudarisov // Bulletin of Kazan State Agrarian University. —

2018. – Vol. 13, No. 3(50). – Pp. 85-89. – DOI 10.12737/article\_5bcf57ae841405.54552818. – EDN YNZPSH.

7. Assessment of the Prospects for the Use of Unmanned Aerial Vehicles in Land Monitoring / I. N. Glushkov, Yu. A. Ushakov, A. S. Volnov [et al.] // Improvement of Engineering and Technical Support for Production Processes and Technological Systems: Proceedings of the National Scientific and Practical Conference with International Participation Dedicated to the 75th Anniversary of the Engineering Department of the Orenburg State Agrarian University, Orenburg, February 7, 2025. – Orenburg: Orenburg State Agrarian University, 2025. – Pp. 245-248. – EDN BGJSRK.

8. Patent No. 111630, Russian Federation, G01B 13/00 (2006.01). System for monitoring the depth of soil cultivation for testing soil-cultivating machines or implements: No. 2011119362: applied for 2011.05.13; published 2011.12.20 / Kireev I. M., Koval Z. M., Nazarov A. N. Applicant: Rosinformagrotekh Federal State Budgetary Scientific Institution. – 10 p.

9. Strok, E. Ya. Non-contact regulation of the depth of tillage using an ultrasonic sensor and tractor hydraulics / E. Ya. Strok, S. V. Savchuk // Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy. — 2014. — No. 3. — Pp. 81–85.

10. Precision Farming: Sampling and Mapping Systems. – Text: electronic // GlavPahar. Regions: [website]. – URL: <https://glavpahar.ru/articles/tochnoe-zemledelie-sistemy-otbora-prob-i-kartografirovaniya> (accessed on 19.05.2025).

11. Evaluation of the efficiency of mechanized technological processes of agricultural production / I. I. Gabitov, S. G. Mudarisov, I. D. Gafurov [et al.] // Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2018. – Vol. 13, No. S10. – P. 8338-8345. – DOI 10.3923/jeasci.2018.8338.8345. – EDN MGKH XV.

12. Modeling the technological process of tillage / S. G. Mudarisov, I. I. Gabitov, Y. P. Lobachevsky [et al.] // Soil & Tillage Research. – 2019. – Vol. 190. – P. 70-77. – DOI 10.1016/j.still.2018.12.004. – EDN PPQETF.

**ТЕХНОЛОГИЯ УБОРКИ ПОДСОЛНЕЧНИКА  
АДАПТЕРОМ С УСТРОЙСТВОМ  
ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОБМОЛОТА  
КОРЗИНОК, СЕПАРАЦИИ  
И ТРАНСПОРТИРОВКИ МАСЛОСЕМЯН**

*А.С. Старцев, С.В. Ершов*

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

**Аннотация.** Рассмотрены причины смещения сроков уборки подсолнечника в с-х предприятиях Саратовской области и отказа от проведения десикации посевов. Установлено, что влажность маслосемян при задержки сроков уборки может достигать 6-9%. Обосновано увеличение потерь маслосемян за жаткой или адаптером в зависимости от влажности. Представлена зависимость потерь маслосемян от влажности при скорости движения комбайна 12 км/ч. Приведены условия, при которых используется такая скорость. Одним из недостатков уборки подсолнечника в поздние сроки является увеличение вымолота маслосемян из корзинок рабочими органами адаптера с их последующим осыпанием на днище адаптера. Вымолоченные маслосемена транспортируются к шнеком в общей массе корзинок к окну планчатого транспортёра наклонной камеры и далее в молотильный аппарат, что способствует их повреждению и снижению качества вороха. Приведена конструкция устройства предварительного обмолота, сепарации и транспортировки вымолоченных маслосемян на стрясную доску грохота по воздушно-транспортной магистрали, минуя наклонную камеру и молотильный аппарат. Представлена технология его работы.

**Ключевые слова:** маслосемена подсолнечника, корзинки, влажность, потери маслосемян, повреждаемость маслосемян, сроки уборки, адаптер, комбайн, уборочный процесс, устройство предварительного обмолота корзинок, сепарирующие пластины, шнек адаптера, транспортировка маслосемян.

Original article

**SUNFLOWER HARVESTING TECHNOLOGY AN ADAPTER WITH A  
DEVICE PRE-THRESHING BASKETS, SEPARATIONS AND  
TRANSPORTATION OF OILSEEDS**

*A.S. Startsev, S.V. Ershov*

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

**Abstract:** The article discusses the reasons for shifting the timing of sunflower harvesting in agricultural enterprises in the Saratov region and the refusal to carry out crop desiccation. It has been established that the moisture content of oilseeds can reach 6-9% if harvesting is delayed. The article substantiates the increase in oilseed losses behind the header or adapter, depending on the moisture content. The article presents the dependence of oilseed losses on moisture content at a speed of 12 km/h. The article also provides the conditions under which this speed is used. One of the disadvantages of harvesting sunflower at a late date is the increased extraction of oilseeds from the baskets by the adapter's working parts, followed by their shedding onto the adapter's bottom. The extracted oilseeds are transported by the auger in the overall mass of the baskets to the window of the slatted conveyor in the inclined chamber and then to the threshing unit, which can cause damage and reduce the quality of the crop. The design of the device for pre-threshing, separation, and transportation of threshed oilseeds to the shaking board of the screen along the air transport line, bypassing the inclined chamber and the threshing machine, is presented. The technology of its operation is also described.

**Keywords:** sunflower oilseeds, baskets, humidity, oilseed losses, oilseed damage, harvesting time, adapter, combine harvester, harvesting process, basket pre-threshing device, separating plates, adapter auger, oilseed transportation.

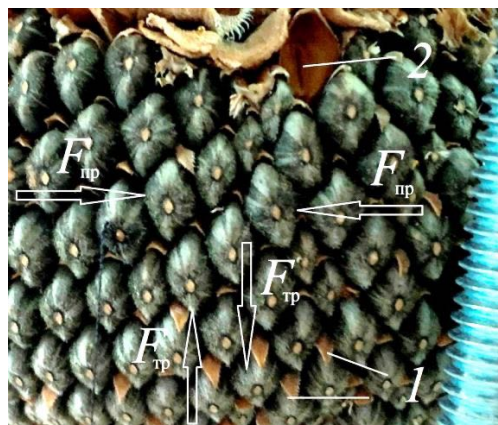
### **Введение.**

По данным специалистов «Экспертно-аналитического центра агробизнеса «АБ-Центр» на долю подсолнечника в производстве нерафинированных растительных масел в Российской Федерации в 2023 г. пришлось 73,3% [8]. Следуя информации Минсельхоза, в 2024 году наблюдался рост производства растительных масел в стране на 6,9%, что составило более 10,4 млн тонн, из которых на подсолнечное масло пришлось 8 млн тонн. Прирост производства которого составил 11,7% [3].

Завершающим процессом в технологии возделывания маслосемян является уборка, для которой в настоящее время используется широкий спектр технических средств, отличающихся по ряду технологических и конструкционных признаков [6].

Саратовская область на протяжении более 10 лет является лидером в Российской Федерации по площадям посевов подсолнечника [5]. Это объясняется хорошей адаптацией культуры к засушливым условиям и рентабельностью маслосемян. В сравнении с другими с-х уборка подсолнечника обусловлена процессом десикации – обработка посевов десикантами, препаратами для сокращения сроков созревания и подсушивания корзинок перед уборкой. Однако для проведения десикации требуется наличие или аренда технических средств (с-х авиация, опрыскиватели, средства БПЛА) [9], обеспечение специалистами и препаратами, стоимость которых может варьировать от 700 до 9 600 р/л. Норма расхода десиканта зависит от препарата и вида подсолнечника [1]. Так, для гибридов норма может быть 1,5...2 л/га, на крупноплодном кондитерском – до 3 л/га [2].

Рентабельность применения десиканта обусловлена урожайностью подсолнечника, площадью обработки. По мнению некоторых специалистов с-х предприятий, специализирующихся на производстве маслосемян, целесообразен отказ от десикации в пользу переноса сроков уборки на более поздние, что приводит к естественному снижению влажности до 6-9%. При этом, рекомендуемая влажность маслосемян при уборке в условиях Саратовской области составляет 12-14%. При этих значениях потери маслосемян минимальны. При снижении влажности ослабевают силы сцепления маслосемян как с цветоложем корзинки, так и между собой (рис. 1) [11].



**Рисунок 1. Силы, удерживаемые семянку в цветоложе корзинки: 1 – зубцы прицветников трубчатых цветков; 2 – гнездо семянки**

#### **Методика исследований.**

В виду низкой урожайности подсолнечника – 5-7% (рис. 2) и высокой изреженности посевов (рис. 3), оператор комбайна может увеличивать скорость движения комбайна до 12 км/ч для сокращения продолжительности уборочного процесса. При нормальных условиях рациональной скоростью уборки подсолнечника является диапазон 7-8 км/ч [7]. Он может быть снижен в случае высокой урожайности и засорённости посевов до 3-5,6 км/ч.



**Рисунок 2. Урожайность подсолнечника 5,5 ц/ га (Энгельсский район Саратовской области)**



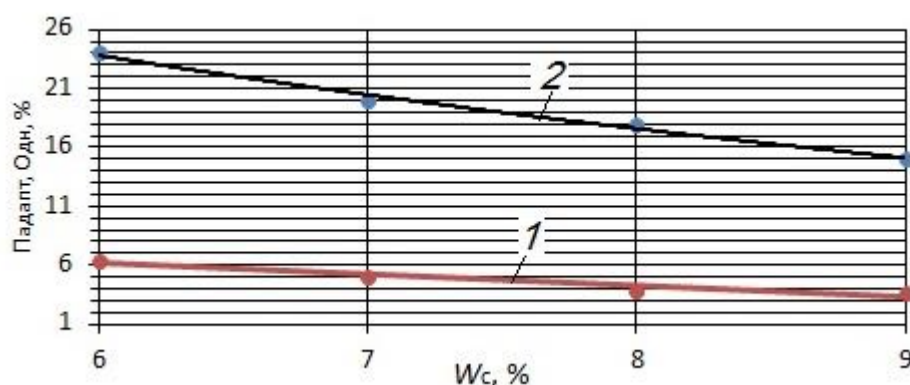


**Рисунок 3. Урожайность подсолнечника 7 ц/га  
при высокой изреженности посевов  
(Балашовский район Саратовской области)**

Известно, что низкая урожайность подсолнечника характеризуется небольшим диаметром корзинки 5-12 см, что пропорционально снижает содержание в ней маслосемян, изреженностью посевов и пустозёрностью корзинок, что вызывает недостаток влаги.

#### **Результаты исследований.**

Увеличение скорости комбайна на уборке способствует повышению ускорения движения корзинки относительно рабочих органов жатки или адаптера, что приводит к существенным потерям (рис. 4) [4].



**Рисунок 4 – Экспериментальная зависимость потерь маслосемян  $П_{\text{адапт}}$  за адаптером и осыпанием на днище  $О_{\text{ди}}$  от их влажности  $W_{\text{с}}$ :  
1 – потери маслосемян за адаптером; 2 – осыпание на днище  
при скорости движения комбайна  $v_{\text{к}} = 12$  км/ч**

При этом, следует учитывать, что низкая влажность при уборке и высокая скорость при низкой урожайности способствуют не только потерям маслосемян за жаткой или адаптером, но и их осыпанию на днище вследствие вымолачивания рабочими органами адаптера и в большей степени – шнеком, при перемещении скошенных корзинок к окну транспортёра наклонной камеры. Следуя результатам экспериментальных исследований

вымолачиваемость маслосемян при влажности 6% может достигать 24% [10].

Вымолоченные шнеком адаптера маслосемена в общем ворохе скошенных корзинок подаются к планчатому транспортёру наклонной камеры, где подвергаются повреждению за счёт сил трения оболочки о стальное днище под воздействием сжатия корзинок, зубчатыми планками или бичами молотильного аппарата. Повреждаемости, также, способствует и низкая влажность маслосемян, что делает их оболочку более хрупкой. В результате чего снижается качество вороха.

### **Результаты исследований.**

Решение задачи снижения качества вороха подсолнечника при уборке его в более поздние сроки, при низкой влажности, может быть реализовано в устройстве предварительного обмолота корзинок, сепарацией маслосемян и транспортировкой их на стрясную доску грохота комбайна.

Устройство предварительного обмолота позволит высвободить маслосемена из корзинки с малой силой сцепления с цветоложем, которые могут быть вымолочены при транспортировке в наклонной камере и повреждены. Следуя теоретическим расчётам и экспериментальным исследованиям, вымолачивание маслосемян из корзинок с использованием разработанного технического решения составляет 30%. Это позволяет избежать повреждения вымолоченных маслосемян, и как следствие, снизить общее содержание травмируемых маслосемян в бункерном ворохе.

Устройство предварительного обмолота корзинок целесообразно оборудовать на базе шнека адаптера, поскольку этим транспортирующим органом адаптера вымолачивается максимальное количество маслосемян.

Адаптер 1, оборудованный устройством предварительного обмолота корзинок, сепарацией и транспортировкой маслосемян подсолнечника на стрясную доску грохота зерноуборочного комбайна 2, состоит из рамы 3, лифтов 4, днища 5, цепных транспортёров 6 с захватами для стеблей, вибротранспортёров корзинок и маслосемян 7, режущих аппаратов 8 (рис. 5), кронштейнов 9 для сопряжения адаптера с зацепами наклонной камеры 10, шнека адаптера 11 (рис. 5).

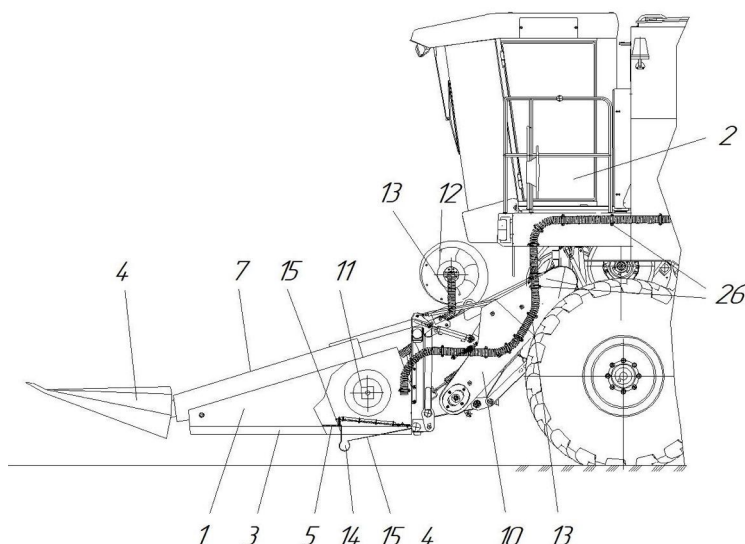
Для обеспечения сепарации вымолоченных маслосемян от общего вороха корзинок, перемещаемых к окну наклонной камеры, в устройство включает в себя сепарирующие пластины 18 (рис. 6) с перегородками из упругого материала 19, закреплёнными между рядами пробивных отверстий 20 диаметром 9 мм при помощи винтов 21 (рис. 7).

Сепарирующие пластины 18 с прямыми перегородками из упругого материала 19 установлены в одной плоскости друг к другу и к днищу 5 адаптера 1 (см. рис. 6), соприкасаясь боковинами. При этом под центральной частью шнека 11 они разделены частью днища, под которыми установлены центральные брусья рамы (на рис. не показаны).

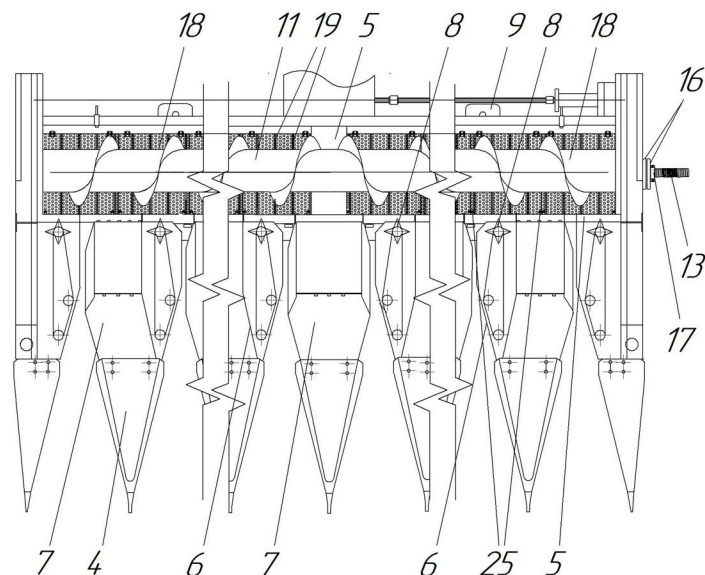
Стороны сепарирующих пластин, расположенные к наклонной камере, установлены на петлях 22 (рис. 8), а стороны, расположенные к лифтам – на приваренных к днищу адаптера пальцах 23 с пружинами 24 через овальные



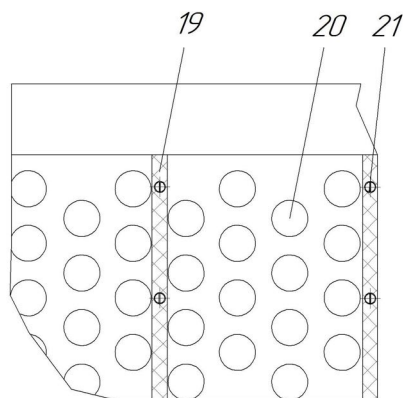
отверстия 25 с возможностью их углового смещения (рис. 9).



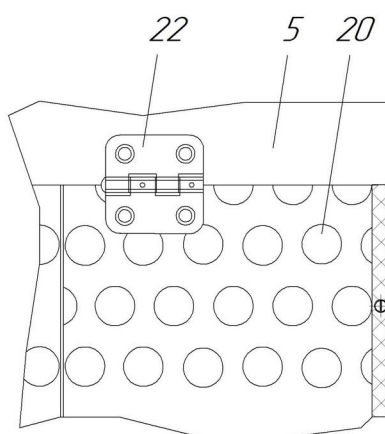
**Рисунок 5. Адаптер, оборудованный устройством предварительного обмолота корзинок, сепарацией и транспортировкой маслосемян:**  
**1 – адаптер; 2 – зерноуборочный комбайн; 3 – рама; 4 – лифты;**  
**5 – днище; 7 – вибротранспортёры корзинок и маслосемян;**  
**10 – наклонная камера; 11 – шнек адаптера; 12 – вентилятор;**  
**13 – гофрированный семяпровод;**  
**14 – собирающий короб; 15 – скатные поверхности; 26 – хомуты**



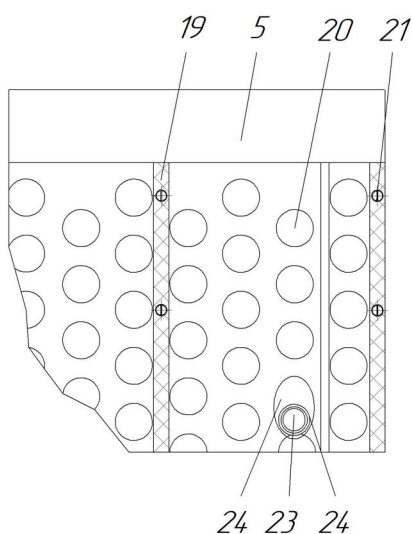
**Рисунок 6. Адаптер, оборудованный устройством предварительного обмолота корзинок, сепарацией и транспортировкой маслосемян:**  
**5 – днище; 6 – цепные транспортёры; 7 – вибротранспортёры корзинок и маслосемян; 8 – режущие аппараты; 9 – кронштейны; 11 – шнек адаптера;**  
**13 – гофрированный семяпровод; 16 – фланцы; 17 – хомуты;**  
**18 – сепарирующие пластины; 19 – перегородки из упругого материала; 25 – овальные отверстия**



**Рисунок 7. Сепарирующие пластины с упругими перегородками:  
19 – перегородки из упругого материала; 20 – пробивные отверстия;  
21 – крепежные винты**

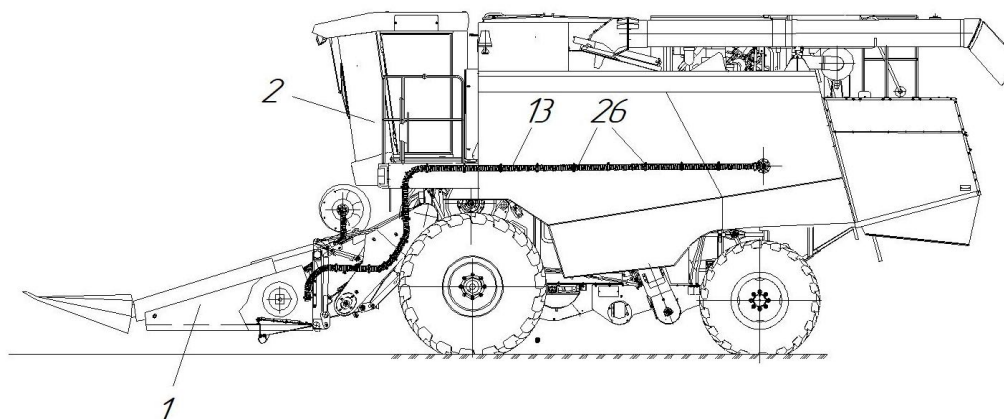


**Рисунок 8. Крепление сепарирующих пластин к днищу адаптера:  
5 – днище; 20 – пробивные отверстия; 22 – петли**



**Рисунок 9. Крепление сепарирующих пластин к днищу адаптера:  
5 – днище; 19 – перегородки из упругого материала; 20 – пробивные  
отверстия; 21 – крепежные винты; 23 – пальцы; 24 – пружины**

Перемещение отсепарированных маслосемян из адаптера осуществляется посредством воздушно-транспортной магистрали (рис. 10). Из второй боковой части собирающего короба выходит гофрированный семяпровод 13, проходящий по боковому корпусу адаптера 1 и комбайна 2, и закреплённый на них хомутами 26, конец которого выведен на стрясную доску грохота комбайна.



**Рисунок 10. Воздушно-транспортная магистраль устройства предварительного обмолота корзинок подсолнечника: 1 – адаптер; 2 – зерноуборочный комбайн; 13 – гофрированные семяпроводы; 26 – хомуты**

### **Результаты исследований.**

Адаптер с устройством предварительного обмолота корзинок работает следующим образом. Лифтёры 4 с цепными транспортёрами 6 входят между рядами подсолнечника и упорами захватывают стебли, подводя к режущим аппаратам 8. Осыпанные маслосемена вместе с корзинками вибротранспортёрами 7 подаются к шнеку адаптера 11, и попадают на сепарирующие пластины 18 с перегородками из упругого материала 19. В результате воздействия винтовой навивки шнека происходит перемещение корзинок вдоль собирающего короба 14 по сепарирующим пластинам 18 с одновременным обмолотом за счёт перемещения последних по перегородкам из упругого материала 19 и за счёт колебания сепарирующих пластин 18. В результате чего происходит вымолот маслосемян с малой силой сцепления с цветоложем с их последующей сепарацией через пробивные отверстия 20 сепарирующих пластин 18 и ссыпание по скатным поверхностям 15 в собирающий короб 14. Из которого они под давлением воздушного потока, нагнетаемого вентилятором 12, через гофрированный семяпровод 13 перемещаются на транспортную доску грохота.

### **Закключение.**

Техническое решение было опробовано на экспериментальной конструкции (рис. 11), которая продемонстрировала достижение технического результата, а именно было достигнуто снижение повреждаемости оболочки маслосемян.



**Рисунок 11. Экспериментальный адаптер с устройством предварительного обмолота корзинок, сепарацией и транспортировкой маслосемян на стрясную доску грохота**

Дополнительным техническим результатом было повышение качества очистки вороха подсолнечника на верхнем решетке грохота за счёт воздушного потока, транспортирующего отсепарированные маслосемена.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О производстве растительных масел, жмыхов и шротов в 2023-2024 гг. // АБ-центр. Экспертно-аналитический центр агробизнеса: [сайт]. – URL: <https://ab-centre.ru/news/o-proizvodstve-rastitelnyh-masel-zhmyhov-i-shrotov-v-2023-2024-gg> (дата обращения 18.05.2025).
2. Дайджест «Масличные в России в 2024 году нарастили выпуск растительных масел почти на 7%» // Центр Агроаналитики: [сайт]. – URL: <https://specagro.ru/analytics/202502/daydzhest-maslichnye-v-rossii-v-2024-godu-narastili-vypusk-rastitelnykh-masel> (дата обращения 18.05.2025).

3. Глушков, И. Н. Анализ особенностей ключевых сортов подсолнечника и их классификация / 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. 767-770. – EDN JHUYUF.

4. Оценка перспектив применения беспилотных летательных аппаратов в мониторинге земель / И. Н. Глушков, Ю. А. Ушаков, А. С. Вольнов [и др.] // 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. 245-248. – EDN BGJSRK.

5. 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.

6. 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.

7. Ловчиков, А. П. К разработке математической модели технологического процесса уборки зерновых культур / А. П. Ловчиков, И. И. Огнев // Известия Международной академии аграрного образования. – 2021. – № 53. – С. 10-13. – EDN QAHQVR.

8. Ловчиков, А. П. К обоснованию закономерностей, характеризующих процесс прямого комбайнирования зерновых культур с образованием высокостерневой кулисы в колее комбайна / А. П. Ловчиков, В. П. Ловчиков, Е. А. Поздеев // Тракторы и сельхозмашины. – 2017. – № 4. – С. 51-57. – EDN YTXOHR.

9. Результаты лабораторных опытов по определению усилия вытягивания семянки подсолнечника из цветоложа корзинки некоторых гибридов / А. С. Старцев, С. В. Ершов, Г. Е. Шардина, В. С. Мавзовин // Аграрный научный журнал. – 2025. – № 5. – С. 135-142. – DOI 10.28983/asj.y2025i5pp135-142. –



EDN GUAEXF.

10. Производственная оценка работы адаптера НАШ-873 на уборке подсолнечника в УНПО «Поволжье» Энгельсского района Саратовской области в сезоне 2023 г / А. С. Старцев, С. В. Ершов, Е. Е. Демин [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2024. – № 12. – С. 196-205. – DOI 10.28983/asj.y2024i12pp196-205. – EDN NQQSIV.

11. Лидер по посевным площадям подсолнечника. Саратовская область занимает первое место в стране по посевным площадям подсолнечника // Национальный союз селекционеров и семеноводов: [сайт]. – URL: <https://www.nsss-russia.ru/2024/11/08/lider-po-posevnyim-podsolnechnika/> (18.05.2025).

## REFERENCES

1. On the production of vegetable oils, cakes, and meal in 2023-2024 // AB-centre. Expert and Analytical Center for Agrobusiness: [website]. – URL: <https://ab-centre.ru/news/o-proizvodstve-rastitelnyh-masel-zhmykhov-i-shrotov-v-2023-2024-gg> (accessed on 18.05.2025).

2. Digest "In 2024, Russia's production of vegetable oils increased by almost 7%" // Center for Agro-Analytics: [website]. – URL: <https://specagro.ru/analytics/202502/daydzhest-maslichnye-v-rossii-v-2024-godu-narastili-vypusk-rastitelnykh-masel> (accessed on 18.05.2025).

3. Glushkov, I. N. Analysis of the Features of Key Sunflower Varieties and Their Classification / I. N. Glushkov // Improving the Engineering and Technical Support of Production Processes and Technological Systems: Proceedings of the National Scientific and Practical Conference with International Participation Dedicated to the 75th Anniversary of the Engineering Department of the Orenburg State Agrarian University, Orenburg, February 7, 2025. – Orenburg: Orenburg State Agrarian University, 2025. – Pp. 767-770. – EDN JHUYUF.

4. Assessment of the Prospects for Using Unmanned Aerial Vehicles in Land Monitoring / I. N. Glushkov, Yu. A. Ushakov, A. S. Volnov [et al.] // Improving the Engineering and Technical Support of Production Processes and Technological Systems: Proceedings of the National Scientific and Practical Conference with International Participation Dedicated to the 75th Anniversary of the Engineering Department of the Orenburg State Agrarian University, Orenburg, February 7, 2025. – Orenburg: Orenburg State Agrarian University, 2025. – Pp. 245-248. – EDN BGJSRK.

5. Glushkov, I. N. Analysis of Sunflower Sowing Methods and Crop Care / I. N. Glushkov // Improving Engineering and Technical Support for Production Processes and Technological Systems: Proceedings of the National Scientific and Practical Conference with International Participation Dedicated to the 75th Anniversary of the Engineering Department of the Orenburg State Agrarian University, Orenburg, February 7, 2025. – Orenburg: Orenburg State Agrarian University, 2025. – Pp. 790-794. – EDN UVFAVG.

6. On the expediency of using industrial-flow technology for mechanized harvesting of grain crops / I. N. Glushkov, I. V. Gerasimenko, M. R. Kuramshin [et al.] // National Priorities for the Development of the Agro-Industrial Complex: Proceedings of the National Scientific and Practical Conference with International Participation, Orenburg, November 15, 2024. – Orenburg: Orenburg State Agrarian University, 2024. – P. 111-115. – EDN XJYQGC.

7. Lovchikov, A. P. On the Development of a Mathematical Model for the Technological Process of Harvesting Grain Crops / A. P. Lovchikov, I. I. Ognev // Izvestiya of the International Academy of Agrarian Education. – 2021. – No. 53. – Pp. 10-13. – EDN QAHQVR.

8. Lovchikov, A. P. To substantiation of the regularities characterizing the process of direct combining of grain crops with the formation of a high-stemmed screen in the combine track / A. P. Lovchikov, V. P. Lovchikov, E. A. Pozdeev // Tractors and Agricultural Machinery. – 2017. – No. 4. – Pp. 51-57. – EDN YTXOHR.

9. Results of laboratory experiments on determining the force required to pull a sunflower seed from the receptacle of some hybrids / A. S. Startsev, S. V. Ershov, G. E. Shardina, and V. S. Mavzovin // Agrarian Scientific Journal. – 2025. – No. 5. – Pp. 135-142. – DOI 10.28983/asj.y2025i5pp135-142. – EDN GUAEXF.

10. Production assessment of the NASH-873 adapter for sunflower harvesting in the UNPO "Volga region" of the Engels district of the Saratov region in the 2023 season / A. S. Startsev, S. V. Yershov, E. E. Demin [et al.] // Agrarian Scientific Journal. – 2024. – No. 12. – pp. 196-205. – DOI 10.28983/asj.y2024i12pp196-205. – EDN NQQSIV.

11. Leader in sunflower sowing areas. The Saratov Region takes the first place in the country in terms of sunflower sowing areas // National Union of Breeders and Seed Growers: [website]. – URL: <https://www.nsss-russia.ru/2024/11/08/lider-posevnym-podsolnechnika/> (18.05.2025).

**ВЫРАЖЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ ВЫМОЛОТА  
МАСЛОСЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА  
ИЗ КОРЗИНОК ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ШНЕКА  
АДАПТЕРА**

*А.С. Старцев, С.В. Ершов*

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

**Аннотация.** Обосновано вымолачивание маслосемян подсолнечника шнеком адаптера. Представлен мониторинг видеоматериалов по взаимодействию шнека адаптера с корзинками. На основании которого выделено четыре основных положения корзинки относительно навивки шнека. Получено аналитическое выражение вероятности вымолачивания маслосемян шнеком адаптера, учитывающее количество маслосемян с критической (малой) силой вытягивания из цветоложа. Эти маслосемена образуются в корзинках, повреждённых выклёвыванием птицами, что лишает их сил прижатия соседними маслосемянами. По аналитическому выражению выполнен расчёт в программе Excel с различными значениями переменных, построена графическая зависимость.

**Ключевые слова:** вымолоченные маслосемена, шнек адаптера, витки шнека, корзинка, вероятность вымолачивания, критическая сила сцепления семян с цветоложем.

Original article

**EXPRESSION OF THE PROBABILITY OF HARVESTING SUNFLOWER  
SEEDS FROM BAGS AFTER EXPOSURE TO  
THE SCREW ADAPTER**

*A.S. Startsev, S.V. Ershov*

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

**Abstract.** The article substantiates the threshing of sunflower oilseeds by the adapter's auger. It presents a monitoring of video materials on the interaction of the adapter's auger with the baskets. Based on this, four main positions of the basket



relative to the auger's winding have been identified. An analytical expression has been obtained for the probability of threshing sunflower oilseeds by the adapter's auger, taking into account the number of oilseeds with a critical (low) force of extraction from the receptacle. These oilseeds are formed in baskets that have been damaged by bird pecking, which reduces their ability to be pressed by neighboring oilseeds. An analytical expression was calculated in the Exel program with different variable values, and a graphical dependence was constructed.

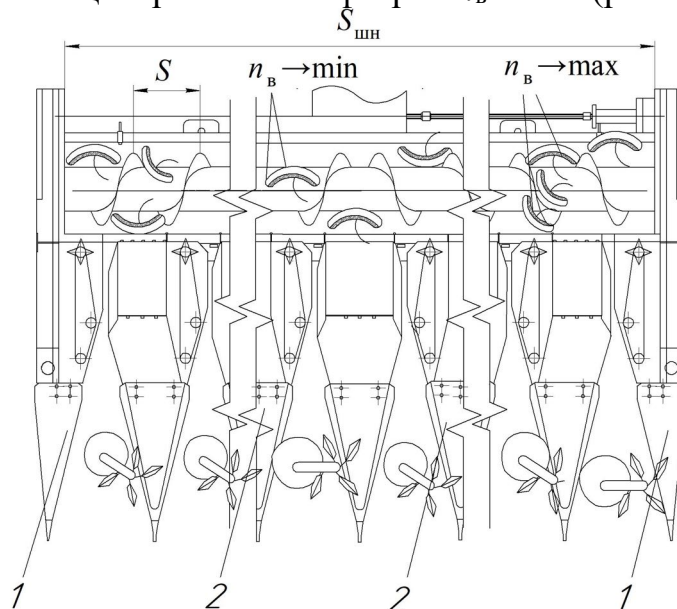
**Keywords:** threshed oilseeds, adapter auger, auger turns, basket, probability of threshing, critical force of seed adhesion to the receptacle.

### Введение.

В ходе экспериментальных исследований работы адаптера НАШ-873 были установлены величины потерь маслосемян осыпанием на почву и на днище адаптера от их влажности и скорости движения комбайна. Основным рабочим органом, способствующим вымолачиванию маслосемян с малыми силами сцепления с цветоложем корзинки является шнек [4].

Вымолачивание маслосемян из корзинок при их перемещении к окну планчатого транспортёра наклонной камеры происходит в результате воздействия витков шнека на корзинки. Маслосемена вымолачиваются за счёт сил трения при движении корзинки по днищу адаптера лицевой частью, от сил трения, возникающих от воздействия витков шнека.

Очевидно, что количество вымолоченных маслосемян будет пропорционально количеству воздействий витков шнека на корзинку. При этом, следуя тому, что у корзинок, скошенных режущими аппаратами крайних лифтов количество воздействий витков  $n_B \rightarrow \max$ . У корзинок, скошенных режущими аппаратами центральных лифтов  $n_B \rightarrow \min$  (рис. 1) [1].



**Рисунок 1. Схема воздействия витков шнека на корзинки подсолнечника: 1 – крайние лифты; 2 – центральные; S – шаг витка шнека; S<sub>шн</sub> – ширина шнека**

### Методика исследований.

Анализ видео и фотоматериалов работы адаптеров типа НАШ-873, оборудованных вибротранспортёрами корзинок и маслосемян, показал что величина воздействий на корзинки шнеком, скошенных у крайних лифтов достигает 6-9, у центральных – 2-3, у остальных – 3-7.

Согласно этому, количество вымолоченных маслосемян витками шнека, можно представить выражением [6]:

$$B_{\text{в}} = \sum_{i=1}^n B_i, \quad (1)$$

где  $B_i$  – количество вымолоченных маслосемян  $i$ -м витком шнека адаптера;  $i=1 \dots n$  – номер витка шнека.

При этом, следует учитывать массу скошенных корзинок  $m_{\text{ск}}$ , которая может варьировать в зависимости от их диаметра и количества полноценных маслосемян. Примем, что количество маслосемян в корзинке составит 1000.

Общее выражение для вымолота маслосемян из корзинок шнеком адаптера, представим в виде:

$$B_{\text{ш}} = 1000 \frac{m_{\text{ск}} \cdot S}{m_{\text{с}} \cdot S_{\text{шн}}}, \quad (2)$$

где 1000 – условное количество маслосемян в корзинке, шт;  $m_{\text{ск}}$  – масса скошенных корзинок, кг;  $S$  – шаг витка шнека, м;  $m_{\text{с}}$  – масса одной семечки, кг;  $S_{\text{шн}}$  – ширина шнека адаптера, м.

Вероятность вымолота маслосемян витками шнека адаптера в единицу времени будет представлено выражением [6]:

$$P_{\text{в}}(t) = 1 - f(t), \quad (3)$$

где  $f(t)$  – функция времени.

Исходя из условий стационарности и ординарности:

$$f(t) = e^{-\lambda t}, \quad (4)$$

где  $\lambda$  – интенсивность вымолота, которую можно охарактеризовать расстоянием до окна транспортёра наклонной камеры и количеством воздействий на корзинку шнеком адаптера [7].

Согласно изложенному выше:

$$\lambda = P_{\text{в}} \cdot B_{\text{ш}}. \quad (5)$$

Очевидно, что положение корзинки относительно витка шнека – лицевое или тыльное будет оказывать влияние на вымолачивание. При этом следует учитывать положения корзинки относительно витка шнека, при которых воздействие будет неодинаково [8].

$$P_{\text{в}} = \frac{\left( \frac{n_{\text{кр}} \cdot n_{\text{в}}}{n_{\text{к}} \cdot \sum \Delta r} \right)}{0,5}, \quad (6)$$

где  $n_{\text{кр}}$  – число маслосемян в корзинке с критической (малой) силой сцепления с цветоложем, шт;  $n_{\text{в}}$  – количество воздействий навивкой на корзинку, шт.;  $n_{\text{к}}$  – общее количество маслосемян в корзинке, шт;  $\sum \Delta r$  – количество положений корзинки относительно витка шнека, шт.; 0,5 – вероятность положения

корзинки лицевой частью к днищу адаптера или витку шнека, или тыльной.

Под  $n_{кр}$  следует понимать те маслосемена, силы сцепления которых с цветоложем корзинки ослаблены в виду образования зон выклёвывания птицами (рис. 2). Как показывают результаты лабораторных исследований, сила вытягивания таких маслосемян из цветоложа вертикальной нагрузкой  $F_{выт}$  составляет 0,02-0,05 Н, что менее в 10...60 раз, чем у семян с целыми корзинками [5]. Это объясняется отсутствием силы прижатия маслосемян соседними семенами. Количество повреждённых птицами корзинок увеличивается по мере затягивания сроков уборки подсолнечника. Этот фактор следует учитывать при определении вероятности вымолачивания [2].



**Рисунок 2. Корзинка, выклёвываемая птицами**

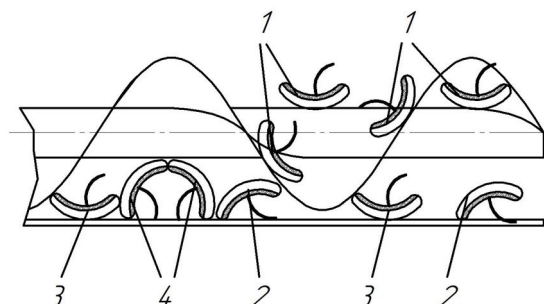
Для моделирования можно принять четыре положения корзинки относительно витков шнека, при которых происходит её контакт и перемещение.

Несмотря на хаотичность перемещения корзинок под воздействием навивки шнека, путём визуального наблюдения и анализа видеоматериалов можно выделить четыре основных положения корзинки (рис. 3) [3].



**Рисунок 3. Результаты мониторинга видео работы шнека адаптера при уборке подсолнечника**

По результатам мониторинга можно составить схему основных положений корзинки относительно витков шнека (рис. 4). Очевидна корреляция положений относительно выделенных, но она незначительна, поскольку при работе шнека корзинка постоянно меняет положение.



**Рисунок 4. Схема основных положений корзинки при взаимодействии со шнеком адаптера**

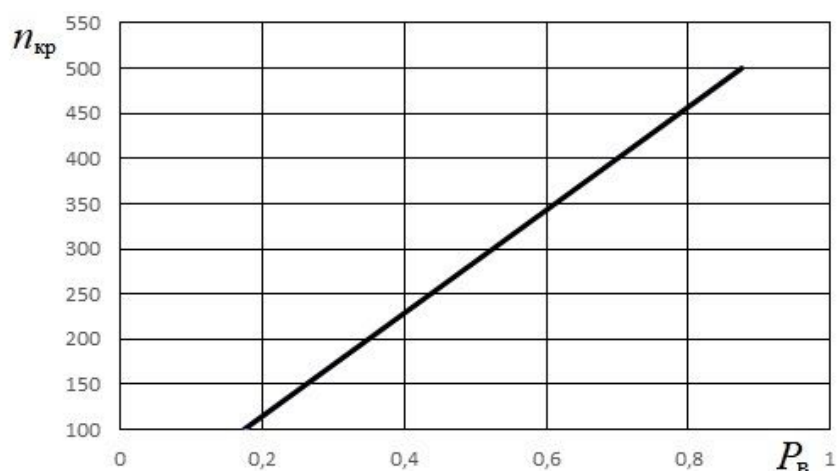
### Результаты исследований.

Расчёт выражения (6) в программе Excel показал, что  $P_v$  будет находиться в пределах 0,35...0,875 с увеличением количества маслосемян с критической силой сцепления с цветоложем.

**Таблица 1 – Результаты расчёта вероятности вымолачивания маслосемян**

$n_{кр}$ , ШТ	$n_v$ , ШТ	$n_k$	$\sum \Delta r$	$P_v$
200	7	1000	4	0,35
300	7	1000	4	0,525
400	7	1000	4	0,7
500	7	1000	4	0,875

Выражение (6) можно охарактеризовать зависимостью (рис. 5).



**Рисунок 5. Зависимость вероятности вымолачивания маслосемян шнеком адаптера от количества маслосемян с критической силой сцепления с цветоложем**

### **Заключение.**

Построенная аналитическая зависимость подтверждает адекватность выражения (6). С увеличением количества слабоудерживаемых маслосемян в корзинке возрастает вероятность их вымолачивания. Зависимость носит линейный характер, как и зависимости осыпания маслосемян на почву и на днище адаптера. Полученное выражение вероятности вымолачивания можно использовать для моделирования процесса взаимодействия шнека адаптера с корзинками подсолнечника с целью определения количества вымолоченных маслосемян.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Ловчиков, А. П. Математическая модель взаимодействия линейного и винтового транспортёров подборщика зерноуборочного комбайна / А. П. Ловчиков, С. И. Алимова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2024. – № 4(108). – С. 133-140. – DOI 10.37670/2073-0853-2024-108-4-133-140. – EDN VWDLZO.
2. Ловчиков, А. П. Агротехническая оценка работы подборщиков-адаптеров зерноуборочных комбайнов / А. П. Ловчиков, О. С. Шагин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2016. – № 3(59). – С. 84-86. – EDN WGXTSV.
3. Рекомендации по эксплуатации зерноуборочных комбайнов в сложных условиях уборки / С. Г. Мударисов, З. С. Рахимов, М. М. Ямалетдинов, И. А. Гайнуллин; Министерство сельского хозяйства Республики Башкортостан; Федеральное государственное образовательное учреждение Башкирский государственный аграрный университет. – Уфа: Башкирский государственный аграрный университет, 2023. – 70 с. – EDN LWXVGP.
4. Производственная оценка работы адаптера НАШ-873 на уборке подсолнечника в УНПО «Поволжье» Энгельсского района Саратовской области в сезоне 2023 г / А. С. Старцев, С. В. Ершов, Е. Е. Демин [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2024. – № 12. – С. 196-205. – DOI 10.28983/asj.y2024i12pp196-205. – EDN NQQSIV.
5. Результаты лабораторных опытов по определению усилия вытягивания семянки подсолнечника из цветоложа корзинки некоторых гибридов / А. С. Старцев, С. В. Ершов, Г. Е. Шардина, В. С. Мавзовин // Аграрный научный журнал. – 2025. – № 5. – С. 135-142. – DOI 10.28983/asj.y2025i5pp135-142. – EDN GUAEXF.
6. Ряднов, А. И. Вероятность вымолота и дробления зерна устройством предварительного обмолота хлебной массы / А. И. Ряднов, О. А. Федорова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее

профессиональное образование. – 2012. – № 3(27). – С. 188-193. – EDN PCXLHB.

7. Старцев, А. С. К выводу выражения вероятности вымолота маслосемян подсолнечника шнеком адаптера / А. С. Старцев, С. В. Ершов // Инновационное техническое обеспечение агропромышленного комплекса: Материалы научно-технической конференции с международным участием имени А.Ф. Ульянова, Саратов, 03 октября 2023 года. – Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, 2023. – С. 220-225. – EDN OMIVSW.

8. Results of the production test of sunflower harvesting attachment with an auger reel / A. S. Startsev, E. E. Demin, A. V. Danilin [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: International AgroScience Conference, AgroScience 2019, Cheboksary, 01–02 июня 2019 года. Vol. 433. – Cheboksary: Institute of Physics Publishing, 2020. – P. 012006. – DOI 10.1088/1755-1315/433/1/012006. – EDN XWHIVS.

## REFERENCES

1. Lovchikov, A. P. Mathematical model of interaction of linear and screw conveyors of the grain harvester pick-up / A. P. Lovchikov, S. I. Alimova // Izvestiya of the Orenburg State Agrarian University. – 2024. – No. 4(108). – Pp. 133-140. – DOI 10.37670/2073-0853-2024-108-4-133-140. – EDN VWDLZO.

2. Lovchikov, A. P. Agrotechnical assessment of the work of the pickers-adapters of grain harvesters / A. P. Lovchikov, O. S. Shagin // Izvestiya of the Orenburg State Agrarian University. – 2016. – No. 3(59). – Pp. 84-86. – EDN WGXTSV.

3. Recommendations for operating grain harvesters in difficult harvesting conditions / S. G. Mudarisov, Z. S. Rakhimov, M. M. Yamaletdinov, and I. A. Gainullin; Ministry of Agriculture of the Republic of Bashkortostan; Federal State Educational Institution Bashkir State Agrarian University. – Ufa: Bashkir State Agrarian University, 2023. – 70 p. – EDN LWXVGP.

4. Production assessment of the NASH-873 adapter for sunflower harvesting in the UNPO «Volga region» of the Engels district of the Saratov region in the 2023 season / A. S. Startsev, S. V. Ershov, E. E. Demin [et al.] // Agrarian Scientific Journal. – 2024. – No. 12. – pp. 196-205. – DOI 10.28983/asj.y2024i12pp196-205. – EDN NQQSIV.

5. Results of laboratory experiments on determining the force required to pull a sunflower seed from the receptacle of some hybrids / A. S. Startsev, S. V. Ershov, G.

E. Shardina, and V. S. Mavzovin // Agrarian Scientific Journal. – 2025. – No. 5. – Pp. 135-142. – DOI 10.28983/asj.y2025i5pp135-142. – EDN GUAEXF.

6. Ryadnov, A. I. Probability of grain threshing and crushing by a pre-threshing device / A. I. Ryadnov, O. A. Fedorova // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2012. – No. 3(27). – Pp. 188-193. – EDN PCXLHB.

7. Startsev, A. S. To the derivation of the probability expression for the extraction of sunflower oilseeds by the adapter auger / A. S. Startsev, S. V. Ershov // Innovative Technical Support for the Agro-Industrial Complex: Proceedings of the A. F. Ulyanov Scientific and Technical Conference with International Participation, Saratov, October 3, 2023. – Saratov: N.I. Vavilov Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering, 2023. – Pp. 220-225. – EDN OMIVSW.

8. Results of the production test of a sunflower harvesting attachment with an auger reel / A. S. Startsev, E. E. Demin, A. V. Danilin [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: International AgroScience Conference, AgroScience 2019, Cheboksary, June 01–02, 2019. Vol. 433. – Cheboksary: Institute of Physics Publishing, 2020. – P. 012006. – DOI 10.1088/1755-1315/433/1/012006. – EDN XWHIVS.

## СИЛОВОЙ АНАЛИЗ ШНЕКА АДАПТЕРА ПРИ УБОРКЕ ПОДСОЛНЕЧНИКА АДАПТЕРА

*А.С. Старцев, С.В. Ершов*

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

**Аннотация.** Обосновано влияние влажности на вымолачиваемость маслосемян подсолнечника шнеком адаптера. Влияние обрубленных маслосемян на общее качество вороха, способность его к длительному хранению. Рассмотрены силы, действующие на корзинку при перемещении её шнеком адаптера к окну транспортёра наклонной камеры. Получены выражения по их определению. На основании расчётных данных и значений по усилию вытягивания маслосемян из цветоложа корзинки, с использованием закона импульса силы, получено аналитическое выражение, характеризующее количество вымолоченных маслосемян шнеком от влажности. Выполнен расчёт полученного выражения с различными данными влажности маслосемян, по результатам которого построена аналитическая зависимость. Проведено её сравнение с результатами экспериментальных исследований по вымолачиванию маслосемян шнеком адаптера НАШ-873. Так количество вымолачиваемых маслосемян шнеком при их влажности 9% соответствует теоретическим и экспериментальным значениям в 16,6 и 15% от биологической урожайности, при 8% – 18,75 и 18, при 7% – 21 и 20, при 6% – 25 и 24, соответственно.

**Ключевые слова:** шнек адаптера, сила, корзинка, маслосемена, вымолачиваемость, усилие вытягивания маслосемян, влажность.

Original article

## FORCE ANALYSIS OF THE ADAPTER'S SCREW WHEN HARVESTING SUNFLOWERS ADAPTER

*A.S. Startsev, S.V. Ershov*

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

**Abstract.** The influence of humidity on the threshing of sunflower oilseeds by the adapter auger is substantiated. The influence of broken oilseeds on the overall quality of the heap and its ability to be stored for a long time is considered. The forces acting on the basket when it is moved by the adapter auger to the conveyor window of the inclined chamber are examined. Expressions for their determination are obtained. Based on the calculated data and values of the force required to extract the oil seeds



from the flower stalk, an analytical expression was obtained using the law of force momentum, which characterizes the amount of oil seeds extracted by the auger as a function of moisture content. The obtained expression was calculated with different oilseed moisture data, and an analytical dependence was constructed. The results were compared with the experimental studies on the threshing of oilseeds using the NASCH-873 adapter. Thus, the amount of oilseeds threshed by the auger at a moisture content of 9% corresponds to theoretical and experimental values of 16.6% and 15% of the biological yield, respectively, at a moisture content of 8% – 18.75% and 18%, at a moisture content of 7% – 21% and 20%, and at a moisture content of 6% – 25% and 24%, respectively.

**Keywords:** adapter auger, force, basket, oilseeds, threshing, oilseed extraction force, and humidity.

### **Введение.**

Как было установлено, одним из факторов, влияющим на агротехнические показатели вороха подсолнечника является вымолачивание корзинок рабочими органами адаптера. Увеличение осыпания маслосемян характеризуется снижением их влажности, что обусловлено уменьшением силы сцепления маслосемян с цветоложем корзинки по мере высыхания корзинки [2]. Количество осыпанных маслосемян при влажности 6% может достигать 24% от биологической урожайности подсолнечника. Вымолоченные маслосемена подвержены микро-и макроповреждениям как при транспортировке их в общей массе скошенных корзинок в молотильный аппарат, так его бичами и подбарабаньем [8].

Известно, что хранение масличных культур усложняется высоким содержанием жира в семенах, который в отличие от белка и крахмала других с-х культур, не имеет способности связывать и удерживать воду [1, 6]. Это приводит к существенному насыщению влагой других веществ семян и к неравномерному распределению влаги в них [1]. Обрушенные и битые маслосемена при хранении вороха быстрее всего подвергаются плесневению, поражающему в первую очередь зародыш [12]. Жир повреждённых маслосемян быстро прогоркает, в виду облегчения доступа воздуха через повреждённую оболочку (лузгу) или её отсутствие. Битые и обрушенные маслосемена относят к масличной примеси, которую ограничивают при приёмке [12].

Вероятность повреждения уже вымолоченных до поступления в молотильный аппарат маслосемян возрастает [11]. Рассмотрим какие силы воздействуют на корзинки при их перемещении к окну наклонной камеры шнеком адаптера.

Очевидно, что вымолачивание будет происходить при перемещении корзинки по днищу адаптера её лицевой частью за счёт сил трения [10]. Особенно в этом случае осыпанию подвержены корзинки, повреждённые до уборки от выклёвывания птицами. При этом образуются пустозёрные зоны, и силы сцепления с цветоложем у соседних маслосемян ослабевают в 10...60 раз в сравнении с полноценными маслосеменами [9].

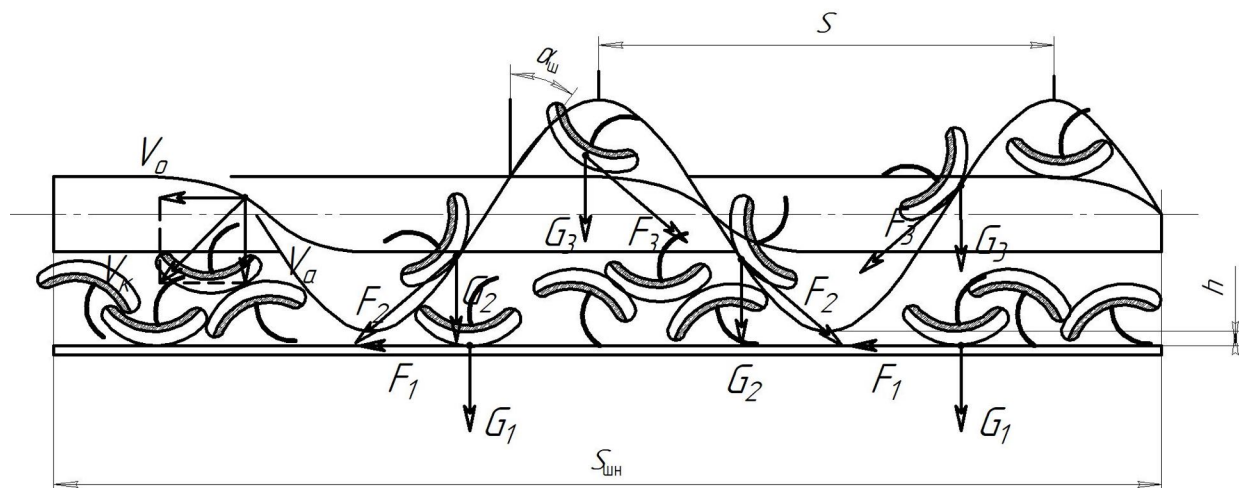
### Методика исследований.

Движение корзинок при их перемещении будет хаотичным, что обусловлено их формой, выпуклостью, длиной и изгибом шейки (участка стебля, оставшегося после его среза). Поскольку рекомендуемый зазор между витками шнека и днищем адаптера при уборке подсолнечника составляет 10-15 мм, то уместно воспользоваться формулой В.А. Желиговского, полученной для исследования работы шнека в смесителе кормов [3].

Осевая скорость движения корзинок:

$$v_a = S_{\text{ш}} \omega_{\text{ш}}, \quad (1)$$

где  $S_{\text{ш}}$  – шаг витка шнека, м;  $\omega_{\text{ш}}$  – угловая вращения шнека,  $\text{мин}^{-1}$  (рис. 1).



**Рисунок 1. Силы, воздействующие на корзинки при перемещении шнеком адаптера**

Поскольку витки имеют угол наклона  $\varphi$ , то при перемещении корзинок по витку будем считать это углом трения –  $\varphi_{\text{тр}}$ . Вследствие чего, направление скорости корзинок  $v_k$  будет отклонено на этот угол.

Скорость движения корзинки представим как сумму осевой  $v_0$  и окружной  $v_a$  скоростей:

$$v_k = \sqrt{v_a^2 + v_0^2}. \quad (2)$$

Окружная скорость движения корзинки [4, 5]:

$$v_0 = v_a \operatorname{tg}(\alpha_{\text{ш}} + \varphi_{\text{тр}}) = S_{\text{ш}} \omega_{\text{ш}} \operatorname{tg}(\alpha_{\text{ш}} + \varphi_{\text{тр}}), \quad (3)$$

Сила трения корзинок о днище адаптера  $F_1$  (см. рис. 1) возникает под действием силы тяжести корзинок, находящихся между витками шнека [7].

$$F_1 = G_{\text{ск}} \cdot f = m_{\text{ск}} \cdot g \cdot f, \quad (4)$$

где  $G_{\text{ск}}$ ,  $m_{\text{ск}}$  – вес и масса корзинок в межвитковом пространстве, кг;  $g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ ;  $f$  – коэффициент трения.

Сила трения  $F_2$  корзинок возникает при перемещении их о нижнюю часть шнека [4]:

$$F_2 = G_2 \cdot f \cdot \cos \alpha_{\text{ш}} = m_{\text{к2}} \cdot g \cdot f \cdot \cos \alpha_{\text{ш}}, \quad (5)$$

где  $m_{\text{к2}}$  – масса корзинок в нижнем межвитковом пространстве, кг.

Сила трения корзинки о верхнюю часть витка шнека  $F_3$  [3, 4]:

$$F_3 = W_k^B \cdot \rho \cdot g \cdot f, \quad (6)$$

где  $W_k^B$  – объём корзинок, находящихся на верхней части шнека, м<sup>3</sup>.

Очевидно, что на вымолачиваемость маслосемян будет влиять сила сцепления последних с цветоложем корзинок [14]. Которое оценивалось лабораторным путём, а именно силой вытягивания маслосемян вертикальной нагрузкой в виде подвешенного груза на приклеенной к семянке нитке. Исследования показали что значение силы вытягивания  $F_B$  колебались в пределах 0,916...3,285 Н [9]. Значение зависело от гибрида подсолнечника, формы корзинок, зоны расположения маслосемян.

Имея в виду особенности работы шнека, можно утверждать, что перемещение корзинок к окну наклонной камеры будет происходить при наполнении межвиткового пространства требуемым объёмом корзинок для обеспечения их движения по винтовой навивке [5].

За длину пути  $\Delta L$  и период времени  $\Delta t$  масса корзинок в межвитковом пространстве  $m_{k2}$ :

$$m_{k2} = \frac{\left( \frac{\Delta L}{S_{\text{ряд}}} \right) \cdot m_{\text{ск}}}{\Delta t}, \quad (7)$$

где  $\Delta L$  – путь, пройденный комбайном за период времени  $\Delta t$ , м;  $S_{\text{ряд}}$  – шаг рядка, м;  $m_{\text{ск}}$  – масса скошенных корзинок, кг.

или

$$m_{k2} = W_{k2} \cdot \rho \cdot \frac{\alpha_{\text{ш}}}{360}, \quad (8)$$

где  $W_{k2}$  – объём корзинок в межвитковом пространстве, равном одному шагу, м<sup>3</sup>.

Очевидно изменение величины  $m_{\text{ск}}$  от скорости движения комбайна  $v_k$ .

$$W_{k2} = (D_{\text{ш}}^2 - d_{\text{в}}^2) S_{\text{ш}} K_V, \quad (9)$$

где  $D_{\text{ш}}$  – диаметр шнека, м;  $d_{\text{в}}$  – диаметр вала шнека, м;  $K_V$  – коэффициент использования межвиткового пространства.

Согласно технологии работы шнека, примем:

$$W_k^B = W_k^H = 0,5 \cdot W_k, \quad (10)$$

где  $W_k^B, W_k^H$  – объём корзинок в верхней и нижней части шнека, м<sup>3</sup>.

Рассмотренные силы имеют различный вектор направления, корзинок, в зависимости от точки скашивания – различное количество воздействий шнеком [13, 14]. Поэтому рациональным будет рассматривать указанные силы в виде закона импульса силы.

$$F \Delta t = \Delta p, \quad (11)$$

где  $\Delta p$  – изменение импульса тела (корзинки), кг · м/с.

В аналитической формул имеет смысл принять влажность маслосемян как целое число, выражаемое в долевого виде.

$$W = \frac{W_{\%}}{100}, \quad (12)$$

где  $W\%$  – влажность, выраженная в %.

Используя закон импульса силы, выражение для количественного значения вымолота маслосемян можно записать в виде:

$$B = \frac{\left( \left( \frac{F_1 \Delta t}{F_B \Delta t} \right) \cdot P + \left( \frac{F_2 \Delta t}{F_B \Delta t} \right) \cdot P + \left( \frac{F_3 \Delta t}{F_B \Delta t} \right) \cdot P \right)}{W \cdot N / 0,5}, \quad (13)$$

где  $N$  – число убираемых рядков, шт. (зависит от конструктивной ширины захвата адаптера);  $P$  – вероятность вымолота, зависящая от количества маслосемян с малой силой сцепления с цветоложем; 0,5 – коэффициент, учитывающий положение корзинки относительно воздействующего на него витка.

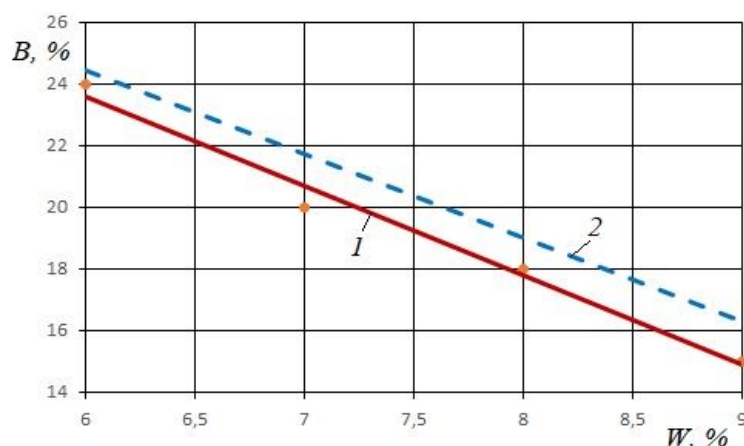
### Результаты исследований.

По полученным выражениям рассчитаем значения и занесём их в таблицу. При этом для оценки вымолачиваемости маслосемян от влажности  $W$  будем изменять этот показатель.

**Таблица – Исходные данные для расчёта вымолачивания маслосемян шнеком адаптера**

$F_1$ , кН	$F_2$ , кН	$F_3$ , кН	$F_{\text{выт}}$ , Н	$\Delta t$ , с	$P$	$W$	$N$	$B$ , шт	$B$ , %
10	7	8	1	0,5	30	0,06	7	3500	31,25
10	7	8	1	0,5	30	0,07	7	3000	26,78
10	7	8	1	0,5	30	0,08	7	2625	23,43
10	7	8	1	0,5	30	0,09	7	2333	20,83

Оценить адекватность полученного выражения (13) можно сравнением полученной теоретической зависимости с экспериментальной (рис. 2). Эксперимент по вымолачиванию маслосемян шнеком проводился на базе адаптера НАШ-873 при различных значениях влажности [8].



**Рисунок 2. Зависимость вымолачивания маслосемян из корзинок шнеком адаптера от влажности:**  
1 – экспериментальная; 2 – теоретическая

### **Заключение.**

Хорошая сходимость графических зависимостей свидетельствует об адекватности полученного аналитического выражения. Минимальное значение количества вымолоченных маслосемян от биологической урожайности в 16,6 и 15% достигается при влажности 9%. Затем с её уменьшением, снижаются силы сцепления маслосемян с цветоложем корзинки. Увеличивается количество корзинок, повреждённых птицами при переносе сроков уборки на более поздние. В результате, при влажности 8%, количество вымолоченных маслосемян составляет 18,75 и 18%, соответственно. При снижении значения  $W$  до 7%, вымолачиваемость повышается до 21 и 20%. И достигает своего максимального значения – 25 и 24% при минимальной величине влажности в 6%.

Перенос сроков уборки подсолнечника на более поздние без десикации, с целью естественного созревания корзинок, подразумевает уборку при влажности ниже рекомендуемой согласно агротребованиям – 12...14%. В этом случае возрастают не только потери за жаткой или адаптером осыпанием маслосемян на почву, но и их вымолачивание шнеком. Это приводит к увеличению повреждаемости осыпанных маслосемян транспортирующими органами наклонной камеры и рабочими органами молотильного аппарата.

Повреждаемость маслосемян создаёт неблагоприятные условия для хранения вороха, снижает его цену реализации, и повышает себестоимость производства маслосемян.

Полученные аналитические выражения позволяют проводить математический анализ воздействия витков шнека адаптера на корзинки подсолнечника с возможностью определения вымолоченных маслосемян.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Анализ технологии хранения и переработки продукции растениеводства / Л. О. Чернева, А. С. Шарова, И. Н. Глушков, А. В. Родимцева // В фокусе достижений молодежной науки: материалы ежегодной итоговой научно-практической конференции, Оренбург, 16 ноября 2023 года. – Оренбург: ООО «Типография «Агентство «Пресса», 2023. – С. 209-212. – EDN XJLUCC.
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. Китун, А. В. Определение мощности на привод шнековых смешивающих рабочих органов / А. В. Китун // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2016. – № 1. – С. 104-108. – EDN VKUHQP.

4. Ловчиков, А. П. Математическая модель взаимодействия линейного и винтового транспортёров подборщика зерноуборочного комбайна / А. П. Ловчиков, С. И. Алимova // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2024. – № 4(108). – С. 133-140. – DOI 10.37670/2073-0853-2024-108-4-133-140. – EDN VWDLZO.
5. Ловчиков, А. П. Агротехническая оценка работы подборщиков-адаптеров зерноуборочных комбайнов / А. П. Ловчиков, О. С. Шагин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2016. – № 3(59). – С. 84-86. – EDN WGXTSV.
6. Недостатки механизированного возделывания подсолнечника в условиях степных агроландшафтов на примере Оренбургской области / К. Е. Железнова, А. Н. Зубцова, А. В. Родимцева, И. Н. Глушков // В фокусе достижений молодежной науки: материалы ежегодной итоговой научно-практической конференции, Оренбург, 16 ноября 2023 года. – Оренбург: ООО «Типография «Агентство «Пресса», 2023. – С. 463-467. – EDN XOCYDA.
7. Николаев, В. А. Расчет кинематических и динамических параметров шнека и наклонного транспортера / В. А. Николаев // Вестник АПК Верхневолжья. – 2017. – № 2(38). – С. 79-83. – EDN YYYRLT.
8. Производственная оценка работы адаптера НАШ-873 на уборке подсолнечника в УНПО «Поволжье» Энгельсского района Саратовской области в сезоне 2023 г / А. С. Старцев, С. В. Ершов, Е. Е. Демин [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2024. – № 12. – С. 196-205. – DOI 10.28983/asj.y2024i12pp196-205. – EDN NQQSIV.
9. Результаты лабораторных опытов по определению усилия вытягивания семянки подсолнечника из цветоложа корзинки некоторых гибридов / А. С. Старцев, С. В. Ершов, Г. Е. Шардина, В. С. Мавзовин // Аграрный научный журнал. – 2025. – № 5. – С. 135-142. – DOI 10.28983/asj.y2025i5pp135-142. – EDN GUAEXF.
10. Рекомендации по эксплуатации зерноуборочных комбайнов в сложных условиях уборки / С. Г. Мударисов, З. С. Рахимов, М. М. Ямалетдинов, И. А. Гайнуллин; Министерство сельского хозяйства Республики Башкортостан; Федеральное государственное образовательное учреждение Башкирский государственный аграрный университет. – Уфа: Башкирский государственный аграрный университет, 2023. – 70 с. – EDN LWXVGP.
11. Ряднов, А. И. Вероятность вымолота и дробления зерна устройством предварительного обмолота хлебной массы / А. И. Ряднов, О. А. Федорова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – № 3(27). – С. 188-193. – EDN PCXLHB.
12. Сохраним масличные культуры // АгроИнфо. Информационное агентство: [сайт]. – URL: <https://agroinfo.kz/soxranim-maslichnye-kultury/> (06.06.2025).
13. Production evaluation of the operation of the auger-motovil of header for sunflower harvesting / A. S. Startsev, E. E. Demin, A. V. Danilin [et al.] // Перспективы развития аграрных наук: Материалы Международной научно-практической конференции, Чебоксары, 01–02 июня 2019 года. – Чебоксары: Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. – Р. 106-108. – EDN TYKSQS.

14. Results of the production test of sunflower harvesting attachment with an auger reel / A. S. Startsev, E. E. Demin, A. V. Danilin [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: International AgroScience Conference, AgroScience 2019, Cheboksary, 01–02 июня 2019 года. Vol. 433. – Cheboksary: Institute of Physics Publishing, 2020. – P. 012006. – DOI 10.1088/1755-1315/433/1/012006. – EDN XWHIVS.

## REFERENCES

1. Analysis of the technology of storage and processing of plant production / L. O. Cherneva, A. S. Sharova, I. N. Glushkov, and A. V. Rodimtseva // In the Focus of Achievements of Youth Science: Proceedings of the Annual Final Scientific and Practical Conference, Orenburg, November 16, 2023. – Orenburg: LLC «Typography Agency «Pressa», 2023. – Pp. 209-212. – EDN XJLUCC.
2. Glushkov, I. N. Technologies for Cultivating Sunflower / I. N. Glushkov // Improving Engineering and Technical Support for Production Processes and Technological Systems: Proceedings of the National Scientific and Practical Conference with International Participation Dedicated to the 75th Anniversary of the Engineering Department of the Orenburg State Agrarian University, Orenburg, February 7, 2025. – Orenburg: Orenburg State Agrarian University, 2025. – Pp. 794-797. – EDN ZBNROV.
3. Kitun, A. V. Determination of the Power for the Drive of Screw Mixing Working Bodies / A. V. Kitun // Vesci Natsyyanal'nai Akademii Navuk Belarusi. Seriya Agrarnykh Navuk. – 2016. – No. 1. – Pp. 104-108. – EDN VKUHQP.
4. Lovchikov, A. P. Mathematical model of interaction of the linear and screw conveyors of the combine harvester pick-up / A. P. Lovchikov, S. I. Alimova // Izvestiya of the Orenburg State Agrarian University. – 2024. – No. 4(108). – Pp. 133-140. – DOI 10.37670/2073-0853-2024-108-4-133-140. – EDN VWDLZO.
5. Lovchikov, A. P. Agrotechnical assessment of the work of the pickers-adapters of grain harvesters / A. P. Lovchikov, O. S. Shagin // Izvestiya of the Orenburg State Agrarian University. – 2016. – No. 3(59). – Pp. 84-86. – EDN WGXTSV.
6. The disadvantages of mechanized sunflower cultivation in steppe agro-landscapes on the example of the Orenburg Region / K. E. Zheleznova, A. N. Zubtsova, A. V. Rodimtseva, and I. N. Glushkov // In the Focus of Achievements of Youth Science: Proceedings of the Annual Final Scientific and Practical Conference, Orenburg, November 16, 2023. – Orenburg: LLC «Typography Agency «Pressa», 2023. – Pp. 463-467. – EDN XOCYDA.
7. Nikolaev, V. A. Calculation of the Kinematic and Dynamic Parameters of the Screw and the Inclined Conveyor / V. A. Nikolaev // Vestnik APK Verkhnevolzhya. – 2017. – No. 2(38). – Pp. 79-83. – EDN YYYRLT.
8. Production assessment of the NASH-873 adapter for sunflower harvesting in the UNPO "Volga region" of the Engels district of the Saratov region in the 2023 season / A. S. Startsev, S. V. Yershov, E. E. Demin [et al.] // Agrarian Scientific Journal. – 2024. – No. 12. – pp. 196-205. – DOI 10.28983/asj.y2024i12pp196-205. – EDN NQQSIV.
9. Results of laboratory experiments on determining the force required to pull a sunflower seed from the receptacle of some hybrids / A. S. Startsev, S. V. Ershov, G. E.

Shardina, and V. S. Mavzovin // Agrarian Scientific Journal. – 2025. – No. 5. – Pp. 135-142. – DOI 10.28983/asj.y2025i5pp135-142. – EDN GUAEXF.

10. Recommendations for operating grain harvesters in difficult harvesting conditions / S. G. Mudarisov, Z. S. Rakhimov, M. M. Yamaletdinov, and I. A. Gainullin; Ministry of Agriculture of the Republic of Bashkortostan; Federal State Educational Institution of Higher Education Bashkir State Agrarian University. – Ufa: Bashkir State Agrarian University, 2023. – 70 p. – EDN LWXVGP.

11. Ryadnov, A. I. Probability of grain threshing and crushing by a pre-threshing device / A. I. Ryadnov, O. A. Fedorova // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2012. – No. 3(27). – Pp. 188-193. – EDN PCXLHB.

12. Let's preserve oilseed crops / / AgroInfo. News Agency: [website – URL: <https://agroinfo.kz/soxranim-maslichnye-kultury/> (06.06.2025)].

13. Production evaluation of the operation of the auger-motovil of header for sunflower harvesting / A. S. Startsev, E. E. Demin, A. V. Danilin [et al.] // Перспективы развития аграрных наук: Материалы Международной научно-практической конференции, Чебоксары, 01–02 июня 2019 года. – Чебоксары: Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. – P. 106-108. – EDN TYKSQS.

14. Results of the production test of sunflower harvesting attachment with an auger reel / A. S. Startsev, E. E. Demin, A. V. Danilin [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: International AgroScience Conference, AgroScience 2019, Cheboksary, 01–02 июня 2019 года. Vol. 433. – Cheboksary: Institute of Physics Publishing, 2020. – P. 012006. – DOI 10.1088/1755-1315/433/1/012006. – EDN XWHIVS.



## ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ СВЕТОВОГО ПОТОКА НА ВСХОЖЕСТЬ И ВЫРАЩИВАНИЕ САЛАТА В УСЛОВИЯХ ГИДРОПОНИКИ

*А.С. Фирсов, М.Р. Шамарина*

Тверская государственная сельскохозяйственная академия

**Аннотация.** В статье рассматривается вопрос выбора ламп для выращивания растений в условиях гидропоники. Описываются различные спектры света, их влияние на рост и развитие растений, а также оптимальные мощности ламп (Цель исследования) Изучить влияние освещённости на рост растения салата Лолла Росса при использовании метода гидропонного выращивания. (Материалы и методы). В исследовании рассматриваются факторы интенсивности света, спектральный состав света и его распределение.

**Ключевые слова:** гидропоника, урожайность, продуктивность, салат, Лолла Росса, световой поток.

Original article

## EFFECT OF LIGHT FLUX REGIMES ON GERMINATION AND GROWTH OF LETTUCE UNDER HYDROPONIC CONDITIONS

*A.S. Firsov, M.R. Shamarina*

Tver State Agricultural Academy

**Abstract.** The article deals with the selection of lamps for growing plants under hydroponics conditions. Different light spectra, their influence on the growth and development of plants, as well as optimal lamp power are described. (Purpose of the study) To study the influence of illumination on the growth of Lolla Rossa lettuce plants using hydroponic cultivation method. (Materials and Methods). The study deals with the factors of light intensity, spectral composition of light and its distribution.

**Keywords:** hydroponics, yield, productivity, lettuce, Lolla Rossa, light flux.

### Введение.

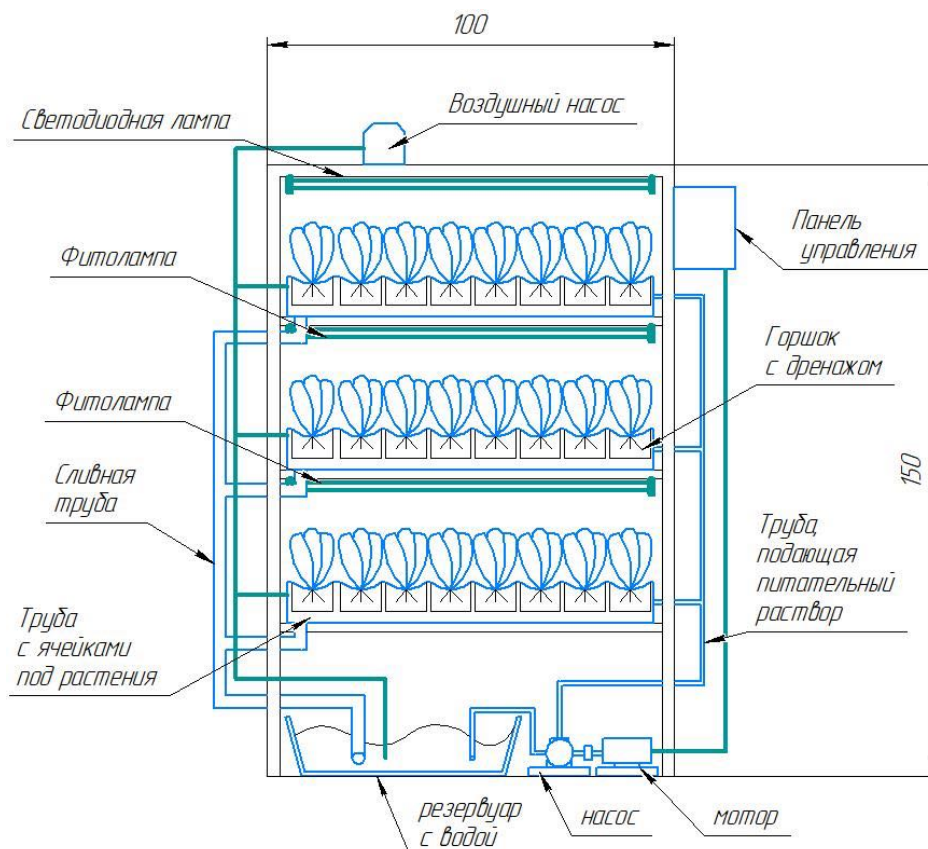
Выбор ламп для выращивания растений в условиях гидропоники имеет важное значение для обеспечения оптимальных условий роста и развития растений. Спектры света влияют на различные аспекты жизнедеятельности растений, такие как обмен веществ, рост, фотосинтез и внутреннее развитие. При выборе ламп следует обратить внимание на интенсивность света, которую они обеспечивают. Интенсивность света измеряется в люксах и зависит от различных факторов, таких как расстояние между лампой и растениями,

площадь освещения и характеристики самой лампы. Таким образом, правильный выбор ламп для выращивания растений в условиях гидропоники обеспечивает оптимальные условия для роста, развития и здоровья растений, способствуя повышению урожайности и качества продукции.

### **Материалы и методы исследования.**

Наблюдения проводили в рамках проекта «Влияние режимов светового потока на выращивание в условиях гидропоники» в лаборатории кафедры технологических и транспортных машин и комплексов ФГБОУ ВО «Тверская ГСХА». Для исследования выбран салат «Лолла Росса». Наблюдения закладывали на смонтированных стеллажах, над которыми размещали светодиодные лампы для досвечивания растений (см.рис.1).

Стенд для выращивания растений методом гидропоники. включает следующие компоненты: резервуар с водой для хранения питательного раствора; насос и мотор для циркуляции раствора; труба с ячейками для размещения горшков с растениями; горшки с дренажем для корней растений; подающая труба доставляет раствор от насоса к растениям; сливная труба возвращает использованную жидкость в резервуар; воздушный насос обогащает воду кислородом; светодиодная лампа (1 шт); фитолампа (2 шт); панель управления регулирует работу системы.



**Рисунок 1. Стенд для выращивания растений методом гидропоники**

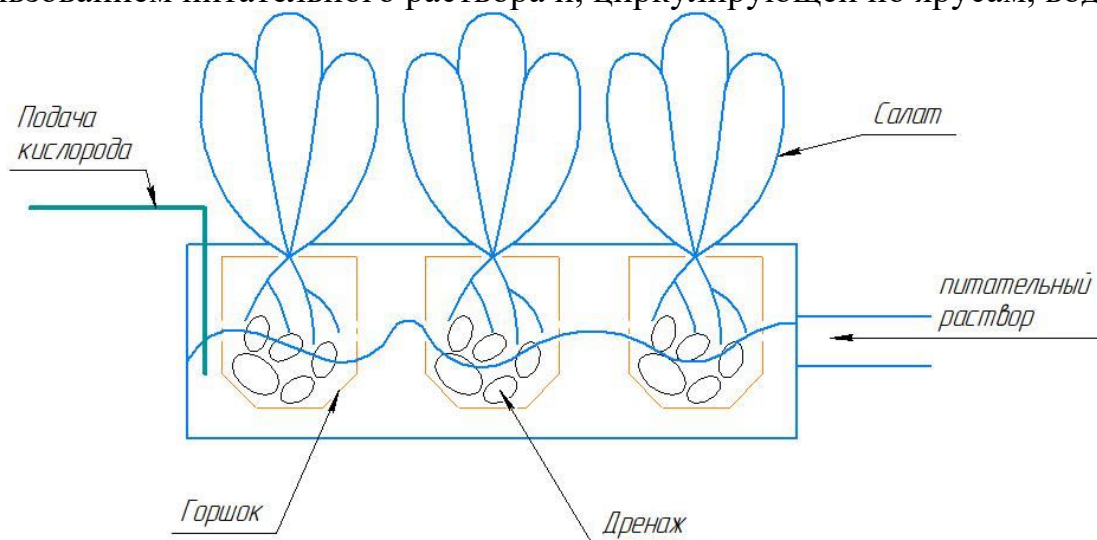
Освещенность светодиодной лампы, равна 18000 лк. Спектр белой светодиодной лампы содержит три компонента — красный, зелёный и синий,

которые в сумме создают для человеческого глаза ощущение белого цвета и длиной волны равной 350 нм.

Освещенность фитолампы равна 5000 лк. Фиолетовая светодиодная лампа имеет сине-красный световой спектр. Это базовый спектр с выраженными синей (длина волны — 450 нм) и красной (длина волны — 660 нм) составляющими, в сумме они дают фиолетовое свечение [1].

Наблюдения проводились в течение 30 дней.

Салат Лолла Росса проращивался в горшках с дренажом (см.рис. 2) с использованием питательного раствора и, циркулирующей по ярусам, водой.



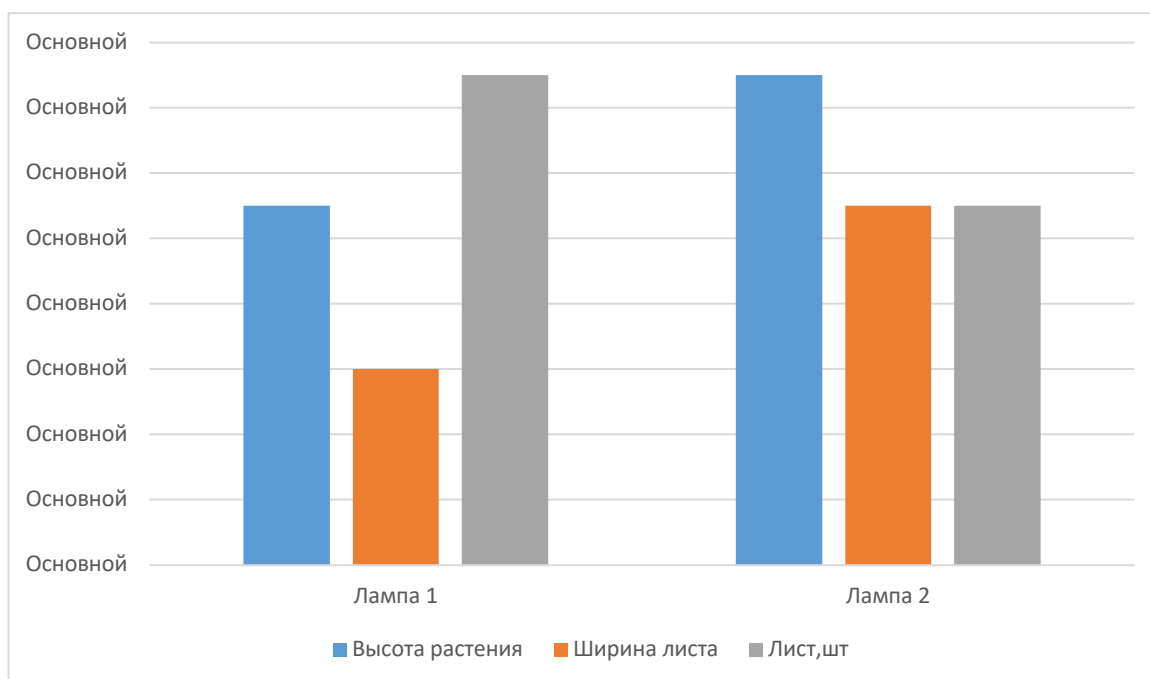
**Рисунок 2. Выращивание салата в горшках с дренажом**

Питательный раствор содержит в себе такие элементы как: азот (N) – 52646,3; оксид фосфора (P2O5) – 36267,2; оксид калия (K2O) – 46955,1; оксид кальция (CaO) – 24297,2; оксид магния (MgO) – 25980,9; сера (S) – 27806,2; бор (B) – 1558,2; водорастворимый кобальт (Co) в виде хелата ЭДТА (15%) – 464,8; водорастворимая медь (Cu) в виде хелата ЭДТА (15%) – 1395,3; водорастворимое железо (Fe) в виде хелата ЭДТА (13%) – 6046,5; водорастворимый марганец (Mg) в виде хелата ЭДТА (13%) – 1203,1; водорастворимый цинк (Cu) в виде хелата ЭДТА (16%) – 1521,8; молибден (Mo) – 758,9.

Проводилось наблюдение с целью выяснить под какой лампой наиболее качественный процесс выращивания растения. Фиксировалось какое количество листьев было у салата и какая у них ширина, а также высота растения. Всего имеется 20 ячеек.

**Таблица 1 – Результаты наблюдений**

	Кол-во ячеек, шт	Средняя высота растения, см	Средняя ширина листа, см	Среднее кол-во листочков, шт	Расстояние от растения до лампы, см
Светодиодная лампа	9	11	6	15	9
Фитолампа	11	15	11	10	5



**Рисунок 3. Показатели наблюдений салата:**  
**лампа 1 - лампа белого света; лампа 2 - лампа фиолетового света**



**Рисунок 4. Салат под светодиодной лампой**  
**на первом ярусе**



**Рисунок 5. Салат под фитолампой на втором ярусе**

Анализируем полученные данные последовательно по каждой характеристике:

*1. Высота растений.*

Средняя высота растений на первом ярусе составила 11 см, на втором ярусе — 15 см.

Следовательно, растения под фитолампой оказались выше примерно на 4 см.

*2. Ширина листьев.*

Средняя ширина листьев на первом ярусе равна 6 см, на втором ярусе — 11 см. Таким образом, ширина листьев растений под фитолампой почти вдвое больше ширины листьев, которые под светодиодной лампой.

*3. Количество листочков.*

Среднее количество листочков на первом ярусе составило 15, на втором ярусе — 10. Разница в количестве листочков составила 5.

В данном случае, несмотря на большее количество листьев под светодиодной лампой, сами листья маленькие и узкие.

*4. Расстояние от растения до лампы*

Первый ярус расположен на расстоянии 9 см от лампы, второй — на расстоянии 5 см.

Анализ показал, что при выращивании салата под фитолампой на расстоянии 5 см растения испытывают недостаток освещения, что способствует их активному росту вверх в поисках света, в результате чего салат вырастает крупным. Под светодиодной лампой на расстоянии 9 см освещение оптимально, и рост растений проходит равномерно.

**Заключение.**



Растения под фитолампой выросли значительно крупнее и выше (средняя высота 15 см против 11 см), с большей шириной листьев (11 см против 6 см). Однако количество листочков было меньше (10 против 15). Это связано с недостатком освещения под фитолампой на близком расстоянии (5 см), стимулирующим вытягивание растений в поиске света. Оптимальное расположение растений под светодиодной лампой на расстоянии 9 см обеспечило равномерный рост и формирование большего количества мелких листьев.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лампы для освещения в гидропонике. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://agrodom.com/advice/kakie-lampy-ispolzuyutsya-v-rastenievodstve-osveshchenie-v-gidroponike/?ysclid=m2i35cjdql879978261> (дата обращения 25.04.2025);
2. Гидропонный метод выращивания растений без почв. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://floralworld.ru/gidroponica.html> (Дата обращения 25.04.2025);
3. Ракутько С.А., Ракутько Е.Н. Зависимость площади листьев салата (*Lactuca sativa* L.) от дозы потока оптического излучения и ее составляющих // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2018. № 50. С. 213-219;
4. Баранов, В.И. Основы гидропоники / В.И. Баранов, О.А. Блинова. — Москва: Колос, 2018. — 256 с;
5. Мартынов, Е.Н. Гидропонные системы и их эффективность / Е.Н. Мартынов. — Новосибирск: Наука, 2019. — 190 с.

## REFERENCES

1. lamps for lighting in hydroponics. [Electronic resource]. Access mode: <https://agrodom.com/advice/kakie-lampy-ispolzuyutsya-v-rastenievodstve-osveshchenie-v-gidroponike/?ysclid=m2i35cjdql879978261> (accessed on 25.04.2025);
2. Hydroponic method of growing plants without soil. [Electronic resource]. Access mode: <https://floralworld.ru/gidroponica.html> (Date of circulation 25.04.2025);
3. Rakutko S.A., Rakutko E.N. Dependence of leaf area of lettuce (*Lactuca sativa* L.) on the dose of optical radiation flux and its components // Izvestiya St. Petersburg State Agrarian University. 2018. № 50. С. 213-219;
4. Baranov, V.I. Fundamentals of hydroponics / V.I. Baranov, O.A. Blinova. - Moscow: Kolos, 2018. - 256 c;
5. Martynov, E.N. Hydroponic systems and their efficiency / E.N. Martynov. - Novosibirsk: Nauka, 2019. - 190 c.

## АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ПОСЕВНЫХ ПЛОЩАДЕЙ В ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ С 2007 ПО 2025 ГОДЫ

*А.С. Фирсов<sup>1</sup>, К.Ю. Ключева<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Тверская ГСХА»,

<sup>2</sup>ГБПОУ «Тверской политехнический колледж»

**Аннотация.** Анализ динамики сельскохозяйственной деятельности в Тверской области является ключевым фактором для эффективной реализации региональной политики и укрепления агропромышленного комплекса всей страны. В данной статье рассматриваются анализ динамики посевных площадей в Тверском регионе, представлены прогнозные значения посевных площадей до 2028 года, сформированы выводы о текущем периоде развития сельского хозяйства Тверской области.

**Ключевые слова:** анализ динамики, посевные площади, сельское хозяйство, региональная политика.

## ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF SOWED AREAS IN THE TVER REGION FROM 2007 TO 2025

*A.S. Firsov<sup>1</sup>, K.Yu. Klyueva<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Tver State Agricultural Academy»

<sup>2</sup>State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Tver Polytechnic College»

**Abstract.** This article examines the analysis of the dynamics of processes in agriculture using the example of such an indicator as sowing area. Analysis of the dynamics of agricultural activity in the Tver region is a key factor for the effective implementation of regional policy and strengthening of the agro-industrial complex.

**Keywords:** analysis of dynamics, sowing area, agriculture, regional policy.

Для успешной реализации эффективной региональной политики, особенно в Тверской области, необходим анализ динамики процессов, происходящих в сельском хозяйстве, который является ключевым фактором в его укреплении и развитии.

Цель такого анализа – выявление тенденций развития сельского хозяйства в рамках такого показателя как вся посевная площадь по Тверской области.

В 2025 году в качестве основных приоритетных направлений развития АПК Тверской области определены:

- 1) поддержка проведения агротехнологических работ за счет средств областного бюджета Тверской области;
- 2) поддержка элитного семеноводства;
- 3) поддержка племенного животноводства;
- 4) поддержка сельскохозяйственного страхования;
- 5) поддержка развития малых форм хозяйствования;
- 6) поддержка производства молока;
- 7) поддержка переработки молока сырого крупного рогатого скота, козьего и овечьего на пищевую продукцию;
- 8) поддержка производства льна-долгунца.

В рамках Государственной программы «Сельское хозяйство Тверской области» в 2025 году планируется обеспечить площадь вовлеченных в оборот земель сельскохозяйственного назначения 78,4 тыс. га.; производство молока сельскохозяйственными организациями, относящимися к субъектам малого и среднего предпринимательства, крестьянскими (фермерскими) хозяйствами и индивидуальными предпринимателями – 74,6 тыс. тонн; переработку на пищевую продукцию молока сырого крупного рогатого скота, козьего и овечьего – 78 тыс. тонн; объем валового сбора льно- и (или) пеньковолокна – 2,25 тыс. тонн; посевную площадь, засеянную оригинальными и элитными семенами – 17,1 тыс. га; численность племенного маточного поголовья сельскохозяйственных животных – 29 тыс. голов [4].

В рамках Государственной программы «Комплексное развитие сельских территорий Тверской области» планируется ввести (приобрести) 994 кв. м жилья гражданами, проживающими на сельских территориях. Социальные выплаты на строительство (приобретение) жилья в сельской местности будут предоставлены 9 семьям граждан. Будут реализованы 5 проектов по благоустройству общественных пространств на сельских территориях.

В рамках мероприятий вышеназванной Программы в селе Дмитрова Гора Конаковского района введены в эксплуатацию общеобразовательной школы на 250 ученических мест, в Кашинском районе завершится капитальный ремонт автодороги, ведущей к объектам агропромышленного комплекса.

Государственная поддержка малых форм хозяйствования в рамках региональной Госпрограммы будет осуществляться в виде грантовой поддержки семейных ферм и сельскохозяйственных потребительских кооперативов для развития материально-технической базы.

В основание этой статьи лег анализ временных рядов и прогнозирование такого показателя как вся посевная площадь, выделенная под посев кормовых культур, таких как зерновые и зернобобовые культуры, картофель, овощи открытого грунта (капуста, свекла, морковь) и лен долгунец.

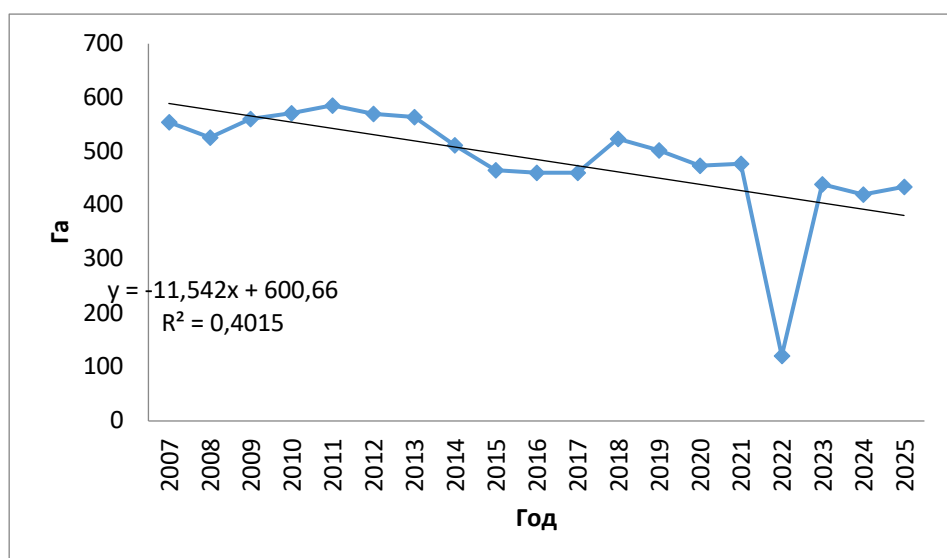
В таблице 1 представлен анализ динамики всей посевной площади Тверской области [3].



**Таблица 1 - Анализ динамики всей посевной площади  
Тверской области**

Год	Вся посевная площадь	Абсолютный прирост		Темп роста		Темп прироста	
		Базисный	Цепной	Базисный	Цепной	Базисный	Цепной
2007	555	-	-	-	-	-	-
2008	525	-30	-30	94,7	94,7	-5,3	-5,3
2009	561	6	35	101,0	106,7	1,0	6,7
2010	571	16	10	102,9	101,8	2,9	1,8
2011	586	31	15	105,5	102,6	5,5	2,6
2012	570	15	-15	102,8	97,4	2,8	-2,6
2013	564	9	-7	101,6	98,9	1,6	-1,1
2014	511	-44	-53	92,1	90,7	-7,9	-9,3
2015	465	-90	-46	83,8	91,0	-16,2	-9,0
2016	460	-95	-5	82,9	98,9	-17,1	-1,1
2017	461	-94	0	83,0	100,1	-17,0	0,1
2018	523	-32	63	94,3	113,6	-5,7	13,6
2019	502	-53	-21	90,5	96,0	-9,5	-4,0
2020	474	-81	-29	85,4	94,3	-14,6	-5,7
2021	478	-77	4	86,1	100,8	-13,9	0,8
2022	121	-434	-357	21,8	25,3	-78,2	-74,7
2023	439	-116	318	79,1	363,2	-20,9	263,2
2024	420	-135	-19	75,6	95,7	-24,4	-4,3
2025	434	-121	14	78,2	103,4	-21,8	3,4

На рисунке 1 представлена динамика всех посевных площадей [3].



**Рисунок 1. Динамика посевных площадей**

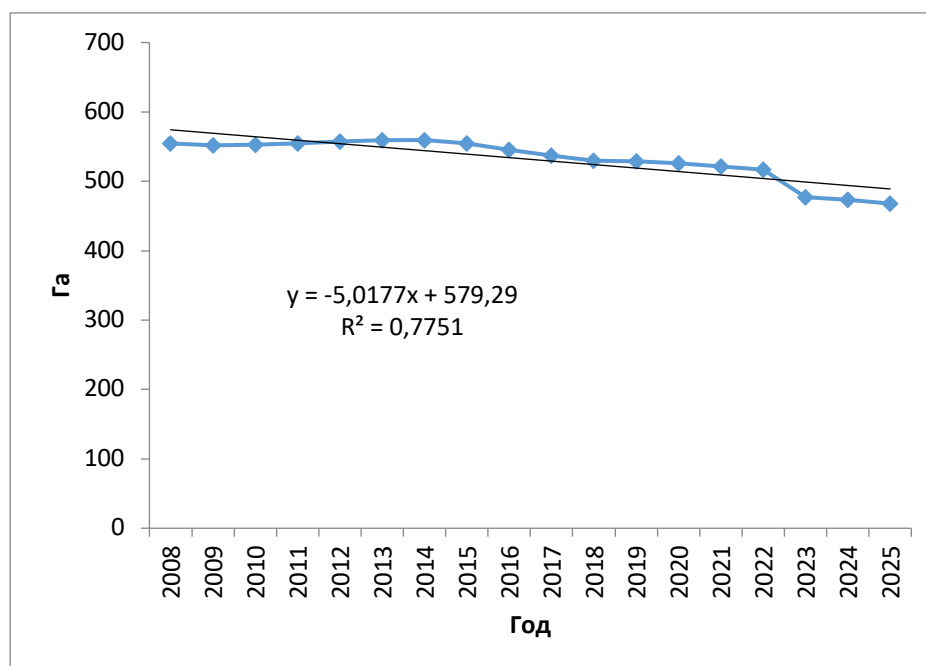
Анализ таблицы показывает значительные колебания в посевной площади в течение рассматриваемого периода с 2007 по 2025 год. В 2008 году наблюдается резкое сокращение площади, что стало началом негативной тенденции, продолжавшейся несколько лет. За период с 2008 по 2015 год посевная площадь сократилась, что отражает серьезные проблемы в аграрном секторе.

С 2016 года ситуация начала немного улучшаться, с небольшими приростами в посевной площади, но оставалась на низком уровне до 2022 года. В 2022 году произошло катастрофическое падение посевной площади, достигшее минимальных значений, что может свидетельствовать о наличии серьезных экономических или экологических проблем.

Однако в 2023 году наблюдается резкий рост посевной площади, который указывает на возможное восстановление и позитивные изменения в аграрной политике или условиях ведения сельского хозяйства. Тем не менее, даже с этим ростом, темпы прироста и абсолютные значения остаются ниже оптимальных, а колебания показывают неустойчивый тренд.

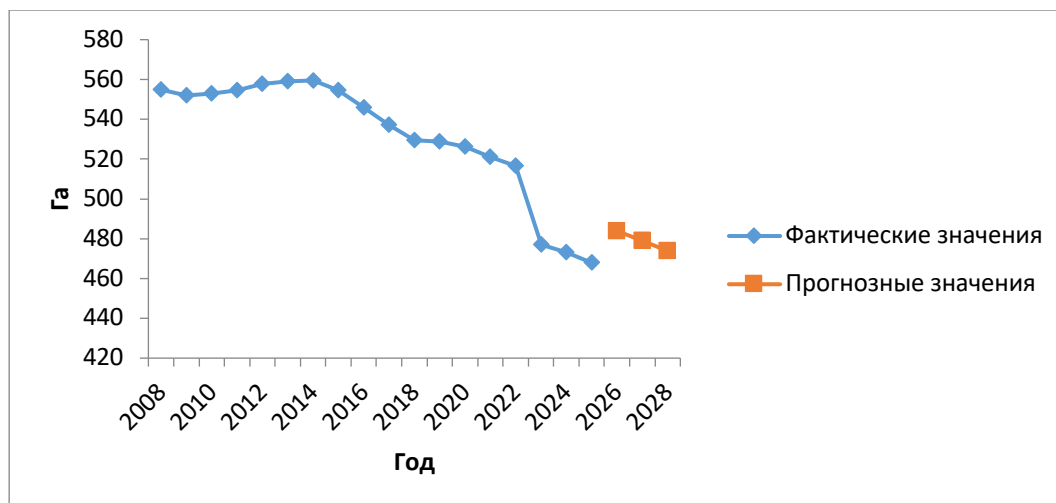
Коэффициент детерминации равен 0,4, что показывает слабую связь и для корректного прогнозирования будущих значений посевной площади необходимо использовать методы, такие как экспоненциальное сглаживание, которые могут помочь смягчить влияние резких колебаний и аномальных значений, обеспечивая более стабильные прогнозы и позволяя принимать более обоснованные решения в планировании сельскохозяйственного производства.

С помощью пакета анализа данных MS EXCEL было произведено экспоненциальное сглаживание, график представлен ниже.



**Рисунок 2. Динамика посевных площадей  
(с экспоненциальным сглаживанием)**

Коэффициент детерминации с экспоненциальным сглаживанием равен 0,75, исходя из таких результатов, можно спрогнозировать данный показатель (рисунок 3).



**Рисунок 3. Прогнозные значения**

Выводы по прогнозу посевных площадей:

1. Стабильность площади посева до 2018 года.

- на графике видно, что площадь посева в период с 2008 по 2018 год остаётся практически неизменной. Это говорит об устойчивом уровне сельскохозяйственного использования земель — спрос и возможности были стабильными, эффективность управления позволяла сохранять площади на одном уровне.

2. Плавное снижение площади посевов с 2018 до 2022 года:

- после 2018 года начинается постепенное уменьшение площади посевов.

Причинами являются:

- ухудшение климатических условий (засухи, наводнения);
- экономические трудности в аграрной отрасли (снижение финансирования, рост затрат);
- устаревшие технологии или недостаточная модернизация сельскохозяйственного оборудования;
- снижение спроса на продукцию или смена стратегических приоритетов.

3. Резкое падение площади посева после 2022 года:

- в период после 2022 года наблюдается значительное сокращение площади посевов. Снижение связано с:
- острыми экономическими кризисами;
  - комплексными природными катаклизмами;
  - переходом к альтернативным видам использования земель (строительство или продажа).

4. Прогноз на будущее (2026-2028 годы):

- прогнозные данные продолжают показывать спад площади посевов. Тем не менее, темп снижения становится более умеренным, что может свидетельствовать о стабилизации ситуации в будущем.

- Если неблагоприятная внешняя среда сохранится, сокращение посевной площади будет продолжаться, что приведет к уменьшению валового сбора урожая, включая зерно и льноволокно. Это ограничит продовольственные ресурсы региона и страны, снизит возможность региона зарабатывать на продаже переработанной продукции, и увеличит зависимость от закупок из других областей.

Общие выводы:

- Кризисный период посевной площади: наблюдаемая динамика свидетельствует о проблемах в развитии сельского хозяйства начиная с 2018 года и резком ухудшении после 2022 года. Необходимы меры для устранения барьеров, мешающих эффективному использованию земли.

- Необходимость стабилизирующих действий: прогноз на снижение площади посевов до 2028 года указывает на необходимость внедрения программ по восстановлению земель, увеличению инвестиций в сельское хозяйство, оптимизации производства и реализации инновационных технологий.

- Риски для продовольственной безопасности: снижение площадей посевов может привести к сокращению производства сельскохозяйственной продукции, что несёт риск для региональной и национальной продовольственной безопасности.

Долгосрочные действия в области управления земельными ресурсами, модернизации сельского хозяйства, снижения влияния климатических и экономических факторов — это ключ к восстановлению динамики площади посевов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Постановление Правительства Тверской области от 15 апреля 2025 г. № 202-пп "Об утверждении Порядка предоставления из областного бюджета Тверской области субсидий сельскохозяйственным товаропроизводителям и российским организациям на возмещение части прямых понесенных затрат на создание и (или) модернизацию объектов агропромышленного комплекса".

2. ЕМИСС / Официальный сайт. [Электронный ресурс] // URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/40636> (дата обращения: 10.05.2025)

3. Росстат / Официальный сайт. [Электронный ресурс] // URL: <https://rosinfostat.ru>. (дата обращения: 10.05.2025)

4. Официальный сайт Правительства Тверской области / Официальный сайт. [Электронный ресурс] // URL: <https://tverreg.ru/> (дата обращения: 10.05.2025)

## REFERENCES

1. Resolution of the Government of the Tver Region dated April 15, 2025 No. 202-pp "On approval of the Procedure for providing subsidies from the regional budget of the Tver Region to agricultural producers and Russian organizations to reimburse part of the direct costs incurred for the creation and (or) modernization of agro-industrial complex facilities".
2. EMISS / Official website. [Electronic resource] // URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/40636> (date of access: 10.05.2025)
3. Rosstat / Official website. [Electronic resource] // URL: <https://rosinfostat.ru>. (date of access: 10.05.2025)
4. Official website of the Government of the Tver Region / Official website. [Electronic resource] // URL: <https://tverreg.ru/> (date of access: 10.05.2025)

## РАЗРАБОТКА СТЕНДА ВАКУУМНОЙ ПРОПИТКИ ПОЛИМЕРНЫХ ДЕТАЛЕЙ

*Д.В. Чижов, А.С. Фирсов,*  
ФГБОУ ВО Тверская ГСХА

**Аннотация.** В данной статье рассмотрен процесс изготовления запасных частей сельскохозяйственных машин 3D-печатью в ФГБОУ ВО Тверская ГСХА. Проблематика внедрения аддитивных технологий довольно широка. Можно выделить несколько основных проблем: отсутствие технологической документации на данный тип производства (сертификации, ГОСТЫ, ТУ и т.д.); отсутствие статистической базы оценки качества изделий, полученных на производстве, малочисленность квалифицированных кадров, скептическое отношение к внедрению новых технологий у старшего поколения, отсутствие адекватной оценки риска (цены ошибки).

**Ключевые слова:** аддитивные технологии, 3D печать, 3D принтер, запасные части, пост-обработка, пластик, вакуумная пропитка, стенд вакуумной пропитки.

В рамках учебного процесса на базе кафедры ТТМ и К ФГБОУ ВО Тверская ГСХА с целью создания 3-D объектов используется послойное выращивание из пластиковой нити. Для этого использован пластик PLA, ABS.

Алгоритм печати состоит из шести этапов: создание цифровой модели, экспорт 3D-модели в STL формат, генерирование G-кода, подготовка 3D-принтера к работе, печать 3D-объекта, финишная обработка объекта [1].

Пост-обработка один из важных этапов печати. Рассмотрим порядок действий для пост-обработки.

Первым шагом постобработки практически любой детали, созданной с использованием технологий 3D-печати, является удаление поддерживающих структур. Эти подпорки, как правило, делятся на две основные категории. Важно отметить, что в отличие от многих других этапов постобработки, описанных далее, избавление от подпорок – обязательное действие [4].

После удаления подпорок, следующим этапом является шлифование. Этот процесс позволяет сгладить поверхность детали и устранить мелкие дефекты, оставшиеся после удаления поддержек. Выбор начальной зернистости шлифовальной бумаги зависит от толщины слоя печати и общего качества поверхности. Для деталей, напечатанных с толщиной слоя 200 микрон или меньше, рекомендуется начинать с зернистости P150. Шлифовку можно продолжать, постепенно увеличивая зернистость до P2000 [5].

После шлифовки могут обнаружиться небольшие дефекты в виде пустот. Эти пустоты образуются в процессе печати, когда отдельные слои оказываются

неполностью сформированными из-за различных ограничений технологии. Небольшие щели и пустоты легко заполняются эпоксидной смолой, что не требует дополнительной обработки. Более крупные же пустоты, особенно те, что остаются при сборке сложных моделей из нескольких частей, рекомендуется устранять с помощью шпаклевки. После нанесения шпаклевки деталь необходимо повторно отшлифовать [4].

Для придания детали глянцевого блеска, после шлифовки можно использовать полировальные составы для пластика. После полного высыхания полировального средства, деталь следует отполировать с использованием полировального круга или мягкой ткани из микрофибры, при необходимости добавляя полироль (например, полироль для бижутерии). Такие полироли специально разработаны для работы с пластиком и синтетикой, обеспечивая стойкий блеск [2].

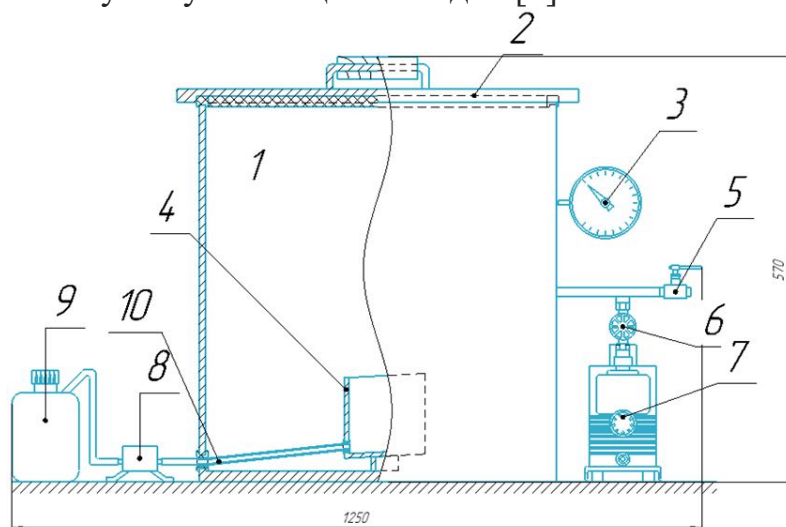
После подготовки поверхности путем шлифовки и полировки, можно приступить к грунтованию и покраске. Хотя для покраски можно использовать обычные художественные акриловые краски и кисти, применение аэрографа обеспечит более ровное и гладкое покрытие. Использование аэрозольных красок из хозяйственных магазинов не рекомендуется, так как они обычно слишком густые и трудно контролируются. Лучше использовать краски, разработанные специально для моделирования. Перед покраской загрунтованную поверхность необходимо слегка отшлифовать и протереть чистой тканью [3].

На базе ФГБОУ ВО Тверская ГСХА был разработан стенд для вакуумной пропитки полимерных изделий.

Основным отличием и новизной разработанного стенда (рисунок 1) является реализованная система автоматической откачки эпоксидного компаунда после завершения процесса пропитки. Это позволяет исключить ручной слив и снизить риск загрязнения. Кроме того, в отличие от прототипа, для более точного контроля и регулировки давления в системе установлен манометр, обеспечивающий визуальную индикацию уровня [5].

Стенд работает следующим образом. Предварительная проверка - перед началом работы убедитесь, что выпускной клапан надежно закрыт, чтобы избежать утечки компаунда. Подготовка детали - поместите деталь в вакуумную камеру, обеспечив ее устойчивое положение. Заполнение компаундом - аккуратно залейте эпоксидный компаунд в вакуумную камеру, полностью покрывая деталь. Убедитесь, что компаунд не содержит пузырьков воздуха. Герметизация камеры - закройте крышку вакуумной камеры, плотно прижав ее для обеспечения полной герметичности. Создание вакуума - включите вакуумный насос, следуя инструкциям по эксплуатации насоса. Контроль уровня вакуума - наблюдайте за показаниями манометра. Дождитесь достижения необходимого уровня вакуума. Откачка отработанного компаунда - после завершения процесса пропитки и отключения вакуумного насоса, включите самовсасывающий мембранный насос для перекачки отработанного эпоксидного компаунда в специально предназначенную для этого тару.

Утилизация отходов - передайте тару с отработанным эпоксидным компаундом в лицензированный пункт утилизации отходов [4].



**Рисунок 1. Стенд вакуумной пропитки:**

- 1 - вакуумная камера; 2 - крышка вакуумной камеры;  
3 - манометр; 4 - сосуд для пропиточного компаунда;  
5 - выпускной клапан; 6 - запорный клапан; 7 - вакуумный насос;  
8 - самовсасывающий мембранный насос; 9 - тара для  
отработанного компаунда; 10 - гибкий трубопровод для удаления  
полимерного компаунда**

Ключевыми преимуществами разработанного стенда: относительно компактные размеры, доступность обслуживания и ремонта, наличие манометра для точного контроля вакуума, автоматическая откачка компаунда.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федоренко, В.Ф. Аддитивные технологии при производстве и техническом сервисе сельскохозяйственной техники: учебное пособие для вузов / В.Ф. Федоренко, И.Г. Голубев.

2. Смирнов, В.В., Барзали В.В., Ладнов П.В. Перспективы развития аддитивного производства в российской промышленности // Опыт ФГБОУ УГАТУ. Новости материаловедения. Наука и техника. №2 (14). 2015. С. 23-27.

3. Чижов Д.В., Фирсов А.С. Разработка типового технологического процесса изготовления запасных частей сельскохозяйственных машин 3D-печатью в ФГБОУ ВО Тверская ГСХА с проектированием стенда вакуумной пропитки полимерных деталей. // Перспективы инновационного развития в агротехнических и энергетических системах. Материалы Международной научно-практической конференции. Балашиха, 2024. С. 173-179.

4. Фирсов А.С., Блинов Ф.Л., Гржива П.И., Чижов Д.В. Разработка типового технологического процесса изготовления запасных частей сельскохозяйственных машин 3D-печатью в ФГБОУ ВО Тверская ГСХА с проектированием стенда вакуумной пропитки полимерных деталей. //



Студенческая наука. Сборник научных трудов по материалам 52-ой научно-практической конференции студентов и молодых ученых. Тверь, 204. С. 273-274.

5. Лопатина Ю.А. Способ упрочнения 3D-печатных конструкций // Патент РФ №2750426 (2021).

## REFERENCES

1. Fedorenko, V.F. Additive technologies in the production and technical service of agricultural machinery: a textbook for universities / V.F. Fedorenko, I.G. Golubev.

2. Smirnov, V.V., Barzali V.V., Ladnov P.V. Prospects for the development of additive manufacturing in Russian industry // Experience of FSBEI Ufa State Agricultural Technical University. Materials Science News. Science and Technology. No. 2 (14). 2015. Pp. 23-27.

3. Chizhov D.V., Firsov A.S. Development of a standard technological process for the manufacture of spare parts for agricultural machinery using 3D printing at FSBEI HE Tver State Agricultural Academy with the design of a stand for vacuum impregnation of polymer parts. // Prospects for innovative development in agrotechnical and energy systems. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Balashikha, 2024. Pp. 173-179.

4. Firsov A.S., Blinov F.L., Grzhiva P.I., Chizhov D.V. Development of a standard technological process for the manufacture of spare parts for agricultural machinery using 3D printing at the Tver State Agricultural Academy with the design of a stand for vacuum impregnation of polymer parts. // Student science. Collection of scientific papers based on the materials of the 52nd scientific and practical conference of students and young scientists. Tver, 204. Pp. 273-274.

5. Lopatina Yu.A. Method for strengthening 3D-printed structures // Russian Federation Patent No. 2750426 (2021).

## ФОРМИРОВАНИЕ ГРЕБНЕЙ ДЛЯ ПОСАДКИ КАРТОФЕЛЯ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ УЛУЧШЕНИЯ СВОЙСТВ ПОЧВЫ

*Г.Е. Шардина*

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

**Аннотация.** В статье предлагается снабдить плоскорежущий почвообрабатывающий орган специальными катками-деформаторами, обеспечивающими повышение качества рыхления почвы при формировании гребней в картофелеводстве.

**Ключевые слова:** почвенные гребни, комбинированная почвообрабатывающая машина, плоскорежущие органы, катки-деформаторы.

Original article

## FORMATION OF RIDGES FOR PLANTING POTATOES WITH THE POSSIBILITY OF IMPROVING SOIL PROPERTIES

*G.E. Shardina*

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

**Annotation.** The article proposes to equip a flat-cutting tillage body with special rollers-deformers that improve the quality of soil loosening during the formation of ridges in potato growing.

**Keywords:** soil ridges, combined tillage machine, plane-cutting organs, roller deformers.

Достигнутый на сегодняшний день опыт в картофелеводстве показывает, что для получения урожаев качественного товарного картофеля, необходимо наличие на всем протяжении развития клубней образованного мелкими комками рыхлого слоя почвы, где происходит их формирование.

Как обнаруживает проведенный анализ, создать требуемый слой, с возможностью в дальнейшем сохранять его в нужном состоянии позволяет безотвальная обработка почвы, проведенная плоскорезами в совокупности с использованием фрезерования почвы в верхних уровнях слоя с последующим образованием гребней для реализации гребневой технологии возделывания картофеля.

Залогом для высокой эффективности аграрных предприятий, практикующих занятие картофелеводством, является применение научно-обоснованных технологий подготовки почвенной зоны для развития растений

картофеля. Результат применения этих технологий предусматривает создание оптимального воздушно-водно-питательного слоя почвы. На сегодняшний день выпускается множество различных сельскохозяйственных машин и орудий по обработке почвы и внесению в нее удобрений. Однако имеющимся на настоящий момент времени сельскохозяйственным машинам и орудиям присущи недостатки, что в конечном итоге выражается в низкой эффективности отечественных картофелеводческих предприятий, относительно развитых зарубежных. Данное обстоятельство вытекает в необходимость дальнейшего совершенствования применяемых в картофелеводстве почвообрабатывающих и вносящих удобрения машин и орудий.

Основная цель обработки почвы под картофель – создание рыхлого слоя, в котором свободно развиваются столоны, корневая система, хорошо сохраняется влага и создаются благоприятные условия для разложения органических веществ микроорганизмами.

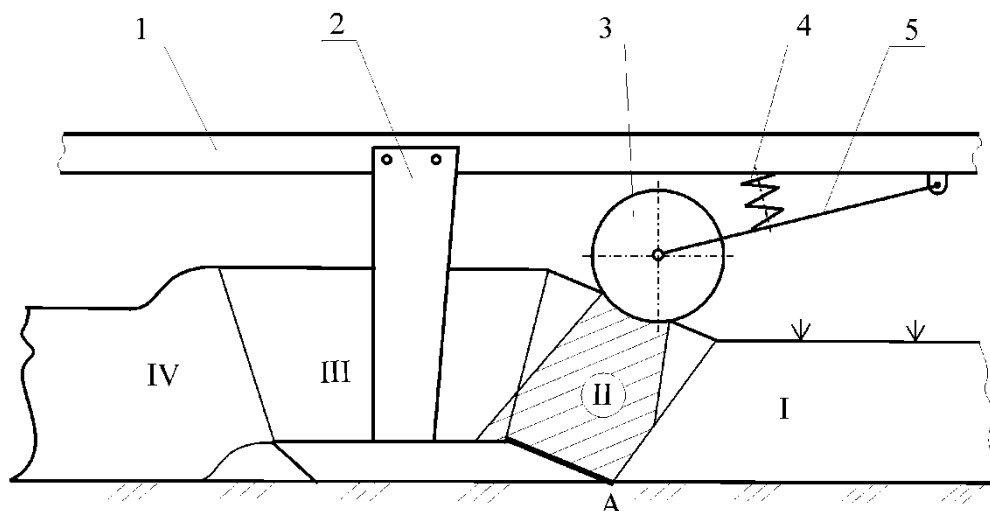
Картофель растет на различных почвах, но наибольшие урожаи обеспечивает на хорошо окультуренных легких и средних суглинках. Чем меньше плотность почвы в зоне клубнеобразования и лучше снабжение корневой системы воздухом, тем выше урожай. Для картофеля оптимальными считаются суглинистые почвы с объемной массой 0,9-1,2 г/см<sup>3</sup> [1, 2]. На более плотных почвах всходы картофеля задерживаются, и в ряде случаев посадочные клубни загнивают. Поэтому важно поддерживать почву в рыхлом состоянии на протяжении всего вегетационного периода растений.

При возделывании картофеля на тяжелых почвах обеспечить оптимальные условия развития его корневой системы и клубней удастся путем формирования почвенных гребней. Практика показывает, что наиболее эффективным способом формирования гребней является фрезерование почвы, однако этот агроприем очень энергоемкий, должен проводиться в весенний период и способствует интенсивным потерям влаги. Почвенно-климатические условия возделывания картофеля в Поволжье характеризуются целым рядом неблагоприятных факторов: значительная доля почв имеют тяжелый механический состав; дефицит влаги; короткий период весенних полевых работ. Эти особенности предъявляют определенные требования в целом к технологии возделывания картофеля и к технологии подготовки почвы, в частности.

С целью более раннего весеннего созревания и прогревания почвы ее подготовку под посадку клубней следует проводить осенью, используя для этого комбинированную почвообрабатывающую машину [3], обеспечивающую одновременно с рыхлением внесение основной дозы минеральных удобрений и формирование гребней. Разрабатываемая технология предусматривает проведение в осенний период безотвального рыхления почвы с одновременным внесением минеральных удобрений и формированием гребней. Применение плоскореза для основной обработки почвы объясняется стремлением максимально сохранить почвенную влагу, кроме того такая компоновка почвообрабатывающего орудия хорошо сочетается с тукораспределяющими и

гребнеобразующими органами. Однако, как показывают исследования, недостатком существующих плоскорежущих агрегатов является низкая эффективность крошения почвы, в результате чего в сформированных гребнях встречаются крупные почвенные комья. Для устранения данного недостатка необходимо найти способ интенсификации процесса крошения почвы.

В результате анализа взаимодействия плоскорежущего рабочего органа 2 с почвой выделены четыре характерные зоны почвенного пласта (рис. 1).



**Рисунок 1. Схема взаимодействия плоскорежущего рабочего органа с почвой: 1 – рама машины; 2 – плоскорежущий рабочий орган; 3 – деформирующий каток; 4 – пружина; 5 – поводок**

Зона I – зона, где отсутствуют деформации, эта зона располагается перед рабочим органом. Зона II – зона первичной деформации пласта, деформации в зоне II возникают в результате воздействия лемеха почвообрабатывающего орудия, деформации и напряжения в почве распространяются в направлении плоскости, отклоненной на угол внутреннего трения почвы. Почва в зоне II под воздействием лемеха скалывается, крошится и смещается вверх, при этом, вследствие крошения, объем и толщина пласта увеличиваются. После прохода над лемехом пласт оказывается в зоне III – зоне, в которой пласт практически не испытывает воздействия почвообрабатывающего орудия, т.к. поверхность башмака гладкая и располагается горизонтально. Завершается воздействие почвообрабатывающего орудия на пласт в зоне IV, где происходит крошение почвы в результате обрушения пласта при сходе с поверхности башмака и возникающих при этом напряжений.

С целью повышения эффективности процесса рыхления почвы плоскорежущим рабочим органом предлагается создать дополнительные напряжения сжатия в пласте в зоне его взаимодействия с лемехом плоскореза (заштрихованный участок рис.1). Такое воздействие обеспечивается специальными катками-деформаторами 3, установленными с помощью поводков 5 шарнирно на раме 6 машины. Прижатие катков-деформаторов к почве осуществляется пружинами 4. Во время движения агрегата пласт почвы,

поднимаясь по поверхности лемеха, подвергается дополнительной деформации сжатия со стороны деформирующих катков.

Эти дополнительные напряжения должны обеспечить полное разрушение крупных почвенных комьев и последующее формирование гребня однородной мелкокомковатой структуры.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коршунов А.В., Лысенко Ю.Н., Смирнов А.А. Сравнительная оценка технологий возделывания картофеля в среднем Поволжье. Научн. тр. Вопросы картофелеводства. – М.: ВНИИКХ, РАСХН, 1994, 180 с.
2. Карманов С.Н., Кирюхин В.П., Коршунов А.В. Урожай и качество картофеля. – М.: Россельхозиздат, 1988. – 167 с.
3. Рыбалко А.Г., Емелин Б.Н., Давыдов С.В. и др. Секция рабочих органов комбинированного гребнеобразователя. Патент на изобретение № 2222124, 06.05.2002, опубл. в бюл. № 3, 2004
4. Семенов Д.О., Шардина Г.Е., Марченко А.П., Нестеров Е.С. Построение фона почвы для возделывания картофеля. Научное обозрение №9, ООО «Буква», Саратов, 2016
5. Шардина Г.Е., Семенов Д.О. Применение удобрений при выращивании картофеля, их влияние на качество урожая. Материалы междунар. Научно-пр. конференции, посвященной 80-летию со дня рожд. Проф. Рыбалко А.Г. – ООО «Центр научных инноваций СГАУ», Саратов, 2016
6. Шардина Г.Е., Карпов М.В., Семенов Д.О., Нестеров Е.С. Исследование факторов, влияющих на урожайность картофеля. Материалы междунар. Научно-пр. конференции, посвященной 80-летию со дня рожд. Проф. Рыбалко А.Г. – ООО «Центр научных инноваций СГАУ», Саратов, 2016

#### REFERENCES

1. Korshunov AV, Lysenko Yu.N., Smirnov AA Comparative assessment of potato cultivation technologies in the middle Volga region. Research Work. Potato Growing Issues. Moscow: VNIKH, RAAS, 1994, 180 p.
2. Karmanov SN, Kiryukhin VP, Korshunov AV Potato yield and quality. Moscow: Rosselkhozizdat, 1988, 167 p.
3. Rybalko AG, Emelin BN, Davydov SV, et al. Section of working elements of a combined ridge former. Patent for invention No. 2222124, May 6, 2002, published in the Bulletin. № 3, 2004
4. Semenov D.O., Shardina G.E., Marchenko A.P., Nesterov E.S. Construction of soil background for potato cultivation. Scientific review №9, ООО "Bukva", Saratov, 2016
5. Shardina G.E., Semenov D.O. Application of fertilizers in potato cultivation, their influence on crop quality. Proceedings of the international. Scientific-pr. conference dedicated to the 80th anniversary of the birth of Prof. Rybalko A.G. - ООО "Center for Scientific Innovations of SSAU", Saratov, 2016
6. Shardina G.E., Karpov M.V., Semenov D.O., Nesterov E.S. Study of factors influencing potato yield. Proceedings of the international. Scientific-pr. conference dedicated to the 80th anniversary of the birth of Prof. Rybalko A.G. – LLC “Center for Scientific Innovations of SSAU”, Saratov, 2016

## ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ МАШИН И ОРУДИЙ ДЛЯ ПРОТИВОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

*Р.Б. Ширванов*

Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет

**Аннотация.** В настоящей статье анализируются различные конструкции как отечественной, так и зарубежной почвообрабатывающей техники, определяются их преимущества и недостатки, групповые признаки принадлежности. Обосновываются рекомендации по подбору почвообрабатывающих машин и орудий для конкретных производственных условий.

**Ключевые слова:** дисковая борона, каток, качество, комбинированный агрегат, культиватор, машинооперация, обработка, плоскорез, почва, почвообрабатывающий комплекс, рабочий орган, ротационная борона, чизельный плуг, щелерез,

Original article

## WAYS TO IMPROVE THE DESIGN OF MACHINES AND IMPLEMENTS FOR SOIL EROSION CONTROL TILLAGE

*R.B. Shirvanov*

West Kazakhstan Innovation and Technology University

**Abstract.** This article analyzes various designs of both domestic and foreign tillage equipment, identifies their advantages and disadvantages, and identifies their group characteristics. Recommendations on the selection of tillage machines and tools for specific production conditions are substantiated.

**Keywords:** disc harrow, roller, quality, combined unit, cultivator, machine operation, processing, flatcutter, soil, tillage complex, working body, rotary harrow, chisel plough, slot cutter,

### **Введение.**

Как показывают научный и производственный опыт, из машиноопераций, обеспечивающих получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур, качественная обработка почвы играет первостепенное значение. Значительный вклад в инженерную науку по почвозащитному земледелию внесли В.П. Горячкин, В.А. Желиговский, Г.Н. Синеоков, А.С. Кушнарев, И.М. Панов, В.И. Виноградов, В.А. Сакун, Я.П. Лобачевский, Т.С. Мальцев, А.И. Бараев и другие. Комплекс почвообрабатывающих противоэрозионных машин и орудий включает в себя различные виды культиваторов-плоскорезов для глубокой и

мелкой обработки почвы, щелеватели, луцильники, бороны с активными и пассивными рабочими органами, а также различные их комбинации.

### **Результаты исследований.**

В южных степных районах России и Казахстана, где почвы подвержены ветровой эрозии, широкое применение для их мелкого рыхления на глубину 7...15 см нашли культиваторы-плоскорезы ОП-8, ОП-12, КУК-4, КП-10, КП-18, КПШ-5, КПШ-9, КПШ-11 и КП-3С. Главным преимуществом этих орудий является их универсальность. Для обработки же почвы на глубину до 35 см применяют плоскорезы-глубококорыхлители ПГ-3, ПГ-5, ПГ-7, ПГП-7 и КПГ-250А, достоинством которых является простота конструкции и эксплуатационная надежность [1, 2].

Тяжелые культиваторы ГРК-2,3, КТ-3,9Г, КСН-4, КТ-4К, КПС-8, КСМ-2, КТС-10-1, КТС-10-2, КПК-4 и др. применяются на тяжелых почвах плотностью 1,6...1,7 г/см<sup>3</sup> и выше. Проблему забивания рабочих органов этих культиваторов стерневыми и почвенными остатками частично удалось избежать установкой их на упругую подвеску, однако сложности, связанные с их работоспособностью на тяжелых почвах, во многом была решена лишь за счет увеличения массы орудия.

Основными недостатками как конструкции, так и работы культиваторов, в том числе и тяжелых, является разрушение ими стерневого покрова или мульчирующего слоя, которое по оценкам различных авторов достигает величины 30...80 % [1, 3]. Другой проблемой является то, что после прохода таких культиваторов остаются гребни, достигающие высоты 10-12 см, которые в последующем нарушают технологический процесс работы другой сельскохозяйственной техники, в частности посевных машин.

Для предупреждения гребнеобразования культиваторы оборудуются различными дополнительными приспособлениями, наиболее распространенными из которых являются штанговые приспособления, однако их применение на полях с пожнивными остатками приводит к забиванию рабочих органов.

Действенным агротехническим приемом паровых и предпосевных обработок и борьбы с сорняками является поверхностное рыхление почвы, осуществляемых различными типами борон. Однако на почвах, подверженных опасности ветровой эрозии и покрытых стерневыми и другими пожнивными остатками, почвозащитная технология исключает применение зубовых и дисковых борон, которые уничтожают стерню и распыляют почву. В этих случаях такие почвы рекомендуется обрабатывать игольчатыми боровами БИГ-3А, боровами-мотыгами БМШ-15, БМШ-20 и луцильниками ЛДГ-5, ЛДГ-10А, ЛДГ-15, ЛДГ-20.

Основным фактором, определяющим получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур, является наличие почвенной влаги или влагозапасы в слое почвы от 0 до 40 см, так как большая часть корневой системы растений приходится на данную зону. Это достигается за счет проведения таких агротехнических операций, как чизелевание и щелевание,

которые осуществляются при помощи навесных и прицепных чизельных плугов ПЧ-4,5, ПЧ-2,5, ПЧК-4,5, ПЧК-2,5, плугов рыхлителей ПРК-8-40, ПБ-9, ПБ-5, ПРПВ-5-50, ПРПВ-8-50, щелерезов ЩН-7, ЩН-9, ПГ-3-5Щ, ЩН-2-140, ЩН-5-40, ПЩК-3,8, ПЩК-6,8 и др.

Одним из существенных недостатков вышеуказанных орудий явилось их однооперационность, что предопределило многократное применение тяжелой техники при обработке почвы, а это, в свою очередь, привело к переуплотнению ее подпахотных слоев.

Выходом из создавшегося положения явилась разработка комбинированных орудий и почвообрабатывающих комплексов, которые за один проход могли осуществлять несколько операций. Разработанные учеными Сибирского отделения Россельхозакадемии и выпускаемые на базе ООО «Сибагротехнопарк» комбинированные агрегаты «Лидер - 4Н», «Лидер - 8,5», «Лидер - 12» обеспечивают за один проход выполнение нескольких машиноопераций, а именно: рыхление, вычесывание и подрезание сорняков, крошение комков, выравнивание и глубинное уплотнение почвы [4].

Созданные специалистами агропромфирмы «Агромеханика» комбинированные агрегаты АПК-3 и АПК-6, выпуск которых налажен в ОАО «ВОЛГОДИЗЕЛЬАППАРАТ», позволяют проводить ресурсосберегающую обработку почвы под озимые, яровые, пожнивные и поукосные посевы, а также почвозащитную зяблевую обработку и весеннюю вспашку, причем технологический процесс работы этих агрегатов совмещает одновременное проведение нескольких машиноопераций в следующей последовательности: дисковыми секциями измельчаются пожнивные растительные остатки и крошится верхний слой почвы, лапами подрезается сорная растительность и рыхлится нижний слой почвы, выравнивателем разравниваются гребни, и, наконец, катками завершается выравнивание микрорельефа, за счет крошения и уплотнения почвы верхнего слоя. В случае установки на них чизельных лап или щелерезов обеспечивается возможность разрушения плужной подошвы, улучшения водопроницаемости и влагообеспеченности пласта, предотвращения потери влаги и эрозии почвы при ливневых осадках и снеготаянии.

Конструкция плоскореза-щелевателя комбинированного ПЩК-3,8, разработанная совместно учеными Всероссийского НИИ механизации сельского хозяйства (ВИМ) и агропромфирмы «Агромеханика» для эрозионно-опасных и засушливых регионов России и Казахстана, позволяет проводить почвовлагодсберегающую зяблевую, предпосевную и паровую обработки, культивацию глыбистых и заплывших почв, щелевание зяби и пласта многолетних трав, а также послеуборочное рыхление.

Почвообрабатывающие орудия ОПО-4,25, ОПО-8,25 и ОПО-8,5, отличающиеся друг от друга шириной захвата, предназначены для основной мелкой мульчирующей обработки (глубиной от 4 до 16 см), а также весенне-летней предпосевной и паровой обработки почвы. Рабочие органы данных орудий (плоскорезные лапы, почвоуглубители (щелерезы), зубчатые диски и зубовые боронки) позволяют проводить технологический процесс основной



(мелкой) обработки почвы или основной обработки почвы с нарезкой по ширине прохода щелей на глубину 100 мм ниже дна обработанного слоя, а также предпосевную подготовку почвы и уход за парами. Причем обработка осуществляется без интенсивного перемешивания обрабатываемого слоя, что актуально для сохранения влагозапасов почвы в условиях Юга Поволжья и Запада Казахстана.

Российскими производителями выпускаются агрегат комбинированный широкозахватный ГКЗ АКШ-6Г и агрегат многооперационный полунавесной АМП-4Г, предназначенные для безотвальной предпосевной обработки почвы на глубину до 10 и до 18 см соответственно, после весенней или осенней пахоты с окончательной подготовкой ее под посев зерновых и технических культур. Для комплексной послойной обработки всех видов почв по стерневому фону, в том числе тяжелых, иссушенных и подверженных ветровой эрозии, промышленность выпускает агрегат почвообрабатывающий комбинированный ГКЗ АПК-3,9, который позволяет одновременно выполнять следующие операции:

- разделку почвы дисковыми батареями с заделкой измельченных растительных остатков на глубину до 10 см;
- рыхление почвы стрельчатыми лапами на глубину от 8 до 16 см с подрезанием сорняков без оборота пласта;
- прикатывание катками на глубину от 0 до 5 см;
- выравнивание и уплотнение поверхностного слоя почвы.

Разработанные специалистами ВНИПТИМЭСХ и выпускаемые промышленностью комбинированные агрегаты КАО-2, КАО-2М, КАО-10 предназначены для основной безотвальной послойной обработки на глубину до 30 см при щелевании и до 12 см - при поверхностном рыхлении с сохранением и равномерным распределением пожнивных остатков на поверхности почвы [4, 5].

Основными производителями почвообрабатывающей техники за рубежом являются страны Европы, США и Канада. Например, широкозахватные шеренговые секционные плоскорезы фирмы «Crauze» (США), плоскорез К-2 фирмы «Nobl», шеренговые прицепные плоскорезы фирмы «Richardson» (Канада), «Bomford» (Англия) и плоскорез-глубокорыхлитель фирмы «Symonds Products» (Австрия) предназначены для обработки с мульчированием поверхности почвы пожнивными остатками. Линейка тяжелых культиваторов, производимых зарубежными фирмами «John Deere», «Stern tiller», «Ingam», «Lemken» и др., отличается высокой универсальностью, позволяющей ей работать в более широком диапазоне влажности и твердости почвы, к тому же они менее требовательны к микрорельефу. В США для этих целей фирма «John Deere» выпускает мульчирующие ротационные бороны John Deere 400, John Deere 637, John Deere Harrow rotary Green Star 18 и другие, различающиеся шириной захвата. Фирма выпускает также мульчирующие бороны John Deere Yetter, не имеющих опорных колес и состоящих из одной батареи со сцепкой.

Аналогичные мульчирующие бороны производят также фирмы «Richardson» и «Allis-Chalmers».

В настоящее время для глубокой обработки почвы успешно применяются комбинированные агрегаты и орудия, выпускаемые ведущими зарубежными фирмами: «Rau» (Германия), «Kret» (Италия), «Lely» (Франция), «Cousins of Emneth», «Bomford & Evershed» и «F.W.Mc Connel Ltd» (Англия), «Kirpy», «Kverneland Ltd», «Kongski» (Норвегия) и др. Так, чизельный плуг «Level Lift» фирмы «Cousins of Emneth» позволяет проводить сплошную обработку почвы на глубину 15 см и ее рыхление на 35...40 см, а орудие «Combo Three», оборудованное глубокорыхлительными рабочими органами, может выполнять обработку почвы на глубину до 50 см. Предусмотренное конструкцией данных орудий ярусное расположение рабочих органов для послойной обработки почвы повышает качество агротехники проводимых работ (снижение глыбистости поверхности, повышение степени крошения и др.), в особенности при обработке уплотненных почв с повышенной влажностью. При этом также достигается снижение энергоемкости обработки почвы на 8... 12 % по сравнению с чизельными орудиями, рабочие органы которых установлены на одинаковую глубину [7].

Комбинированный агрегат американской фирмы «John Deere» позволяет проводить дискование и частичную заделку стерни, сохраняя при этом мульчированный слой почвы, устойчивый против эрозии, а итальянский агрегат Gaspardo Granchio и агрегаты Smaragd немецкой фирмы «Lemken» применяются для обработки целинной земли с оставлением растительных остатков и органических веществ в поверхностных слоях, что способствует повышению плодородия. Так, культиватор Smaragd 9/600K осуществляет мелкую мульчирующую обработку, выравнивание и прикатывание почвы с производительностью 3 га/ч и расходом горючего 3,4 кг/га.

Широкое применение получили культиваторно-катковые агрегаты датской фирмы «Kongskilde», а производством аналогичных агрегатов занимаются также французские фирмы «Kongskilde France SA», «Roqer» и «Kaero-Faou».

### **Заключение.**

Обобщая проведенный обзор конструкций отечественной и зарубежной почвообрабатывающей противоэрозионной техники, можно условно объединить их по следующим групповым признакам:

- по назначению: для основной глубокой, мелкой или предпосевной обработки почвы с внесением или без внесения удобрений;
- по виду выполняемой работы: простые, комбинированные или многофункциональные;
- по способу агрегатирования: сцепочные и бесцепочные (навесные);
- по конструкции рабочих органов: с пассивными, активными или комбинированными рабочими органами;
- по расположению рабочих органов: рядные и многорядные.

Рассмотренным конструкциям противоэрозионной техники, наряду с несомненными преимуществами, присущи и недостатки, главными из которых являются:

- недостаточно высокая скорость перемещения и малая ширина захвата, предопределяющие низкую производительность машин и орудий в целом;
- достаточно высокое тяговое сопротивление, и, как следствие, большие энергетические затраты;
- низкая универсализация, обуславливающая трудности в комплектовании комбинированных агрегатов и применении различных энергетических средств;
- большая металлоемкость;
- частые нарушения технологического процесса, глыбо- и бороздообразование, плохое заглубление и неравномерность заданной глубины обработки.

При выборе почвообрабатывающих машин и орудий для конкретных производственных условий необходимо руководствоваться следующими аспектами:

- они должны быть применимы на перспективу с учетом совершенствования существующих и разработки новых технологий обработки почвы;
- конструкция рабочих органов должна обеспечивать снижение тягового сопротивления орудия в целом, а, следовательно, уменьшение энергетических затрат, а также поддерживать рациональное сочетание режима рабочих скоростей и ширины захвата;
- в конструкции орудия или машины должны рационально сочетаться наличие пассивных и активных рабочих органов, обеспечиваться их универсализация, т.е. возможность переустановки и изменения;
- орудия и машины должны удовлетворять условию совмещения различных технологических операций, выполняемых за один проход.

Одним из перспективных направлений в совершенствовании конструкции противоэрозионной техники является создание рабочих органов для осуществления различных приемов безотвальной обработки почвы (ярусной или послойной, полосной, щелевой и др.), отвечающих требованиям зональных систем земледелия.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бойков В.М., Старцев С.В., Павлов А.В., Окас К.К. Рациональная технология безотвальной основной обработки почвы // Аграрный научный журнал. 2017. - №2. <https://www.agrojr.ru/index.php/asj/article/view/31?articlesBySameAuthorPage=2> (дата обращения: 04.05.2025).
2. Милюткин В.А., Долгоруков Н.В. Почвозащитные сельскохозяйственные технологии и техника для возделывания сельскохозяйственных культур // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. - №3. URL: <https://cyberleninka.ru/>

article/n/pochvozaschitnye-selskohozyaystvennye-tehnologii-i-tehnika-dlya-vozdelyvaniya-selskohozyaystvennyh-kultur (дата обращения: 04.05.2025).

3. 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: 06.05.2025).

4. Миронова А.В., Лискин И.В., Миронов Д.А., Костомахин М.Н., Нагорный В.Д., Почвозащитные технологии и энергосберегающая техника для возделывания сельскохозяйственных культур. – Ж. Овощеводство и тепличное хозяйство.- 2020;5.

5. Рябцева Н.А. Аргументы почвозащитной технологии выращивания культур в зоне недостаточного увлажнения // Вестник Ульяновской ГСХА. 2020. - №3 (51). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/argumenty-pochvozaschitnoy-tehnologii-vyraschivaniya-kultur-v-zone-nedostatochnogo-uvlazhneniya> (дата обращения: 06.05.2025).

6. Горовой С.А., Пименова Е.И. Процессы безотвальной обработки почвы // Столыпинский вестник. 2022. №9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/protsessy-bezotvalnoy-obrabotki-pochvy> (дата обращения: 12.05.2025).

7. Грошева О.А. Развитие теоретических идей и практических приемов почвозащитного земледелия: отечественный и зарубежный опыт // Успехи современного естествознания. 2021. № 11. - С. 13-18 / URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=37706> (дата обращения: 12.05.2025).

## REFERENCES

1. Boikov V.M., Startsev S.V., Pavlov A.V., Okas K.K. Rational technology of non-tillage basic tillage // Agrarian Scientific Journal. 2017. - №2. <https://www.agrojr.ru/index.php/asj/article/view/31?articlesBySameAuthorPage=2> (accessed: 05/04/2025).

2. Milyutkin V.A., Dolgorukov N.V. Soil-protective agricultural technologies and equipment for cultivating crops // Proceedings of the Samara State Agricultural Academy. 2014. - No. 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pochvozaschitnye-selskohozyaystvennye-tehnologii-i-tehnika-dlya-vozdelyvaniya-selskohozyaystvennyh-kultur> (date of request: 05/04/2025).

3. Bobkov S.I. Analysis of the state of the machine and tractor fleet to substantiate optimal complexes of machinery and equipment in the conditions of the northern region of Kazakhstan // NTVTS in the agro-industrial complex. 2023. - No. 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-sostoyaniya-mashinno-traktornogo-parka-dlya-obosnovaniya-optimalnyh-kompleksov-mashin-i-oborudovaniya-v-usloviyah-severnogo> (date of reference: 05/06/2025).

4. Mironova A.V., Liskin I.V., Mironov D.A., Kostomakhin M.N., Nagorny V.D., Soil protection technologies and energy-saving equipment for cultivation of agricultural crops. Vegetable growing and greenhouse farming.- 2020;5.

5. Ryabtseva N.A. Arguments of soil protection technology for growing crops in an area of insufficient moisture // Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2020. - №3 (51). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/argumenty-pochvozaschitnoy-tehnologii-vyraschivaniya-kultur-v-zone-nedostatochnogo-uvlazhneniya> (date of request: 05/06/2025).

6. Gorovoy S.A., Pimenova E.I. Processes of non-tillage tillage // Stolypinsky Bulletin. 2022. No. 9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/protsessy-bezotvalnoy-obrabotki-pochvy> (date of reference: 05/12/2025).

7. Grosheva O.A. Development of theoretical ideas and practical techniques of soil protection agriculture: domestic and foreign experience // Successes of modern natural science. 2021. No. 11. - pp. 13-18 / URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=37706> (date of request: 05/12/2025).

# ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

---

Научная статья  
УДК 620.9:86.21

## ОСОБЕННОСТИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

*А.Г. Сагингали<sup>1</sup>, А.С. Ибраев<sup>1</sup>, Г.С. Гумаров<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Западно-Казахстанский аграрно-технический университет  
имени Жангир хана, г. Уральск, Казахстан

<sup>2</sup>Казахстанский университет инновационных и  
телекоммуникационных систем, г. Уральск, Казахстан

**Аннотация.** В статье рассматриваются особенности профессиональных рисков на энергетических предприятиях. Приводятся источники антропогенного низкочастотного электромагнитного поля в условиях предприятий энергетической сферы. Обусловленность возникновения в результате негативного воздействия внешних электромагнитных источников различных заболеваний. Даны различные виды мероприятий по защите рабочего персонала от электромагнитных полей в производственных условиях.

**Ключевые слова:** здоровье производственного персонала, источники вредных факторов, управления рисками, электромагнитное поле, энергетические предприятия

Original article

## FEATURES OF PROFESSIONAL RISKS AT ENERGY ENTERPRISES

*A.G. Sagyngali<sup>1</sup>, A.S. Ibraev<sup>1</sup>, G.S. Gumarov<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>West Kazakhstan Agrarian and Technical University  
named after Zhangir Khan, Uralsk, Kazakhstan

<sup>2</sup>Kazakhstan University of Innovation and Telecommunication Systems,  
Uralsk, Kazakhstan

**Abstract.** The article discusses the features of professional risks at energy enterprises. The sources of anthropogenic low-frequency electromagnetic field in the conditions of energy enterprises are given. The conditionality of occurrence as a result of negative impact of external electromagnetic sources of various diseases. Various types of measures to protect workers from electromagnetic fields in production conditions are given.

**Keywords:** health of production personnel, sources of harmful factors, risk management, electromagnetic field, energy enterprises

### **Введение.**

В настоящее время в условиях современного производства важнейшей составной частью всеобщей системы менеджмента предприятия являются вопросы директированного управления рисками. Поэтому аспекты управления производственными рисками представляют собой непритворный интерес в свете устремленности компаний усовершенствовать собственную систему менеджмента [1]. Здесь следует особо отметить, что очень значимо не только уметь правильно проводить оценку и по её результатам осуществлять управление рисками, а ещё не мало важно и с определенной периодичностью критически пересматривать запланированные мероприятия и используемые средства такого управления [2, 3].

Целью исследований в рамках данной статьи является изучение особенностей профессиональных рисков на предприятиях энергетики, обусловленных условиями труда.

Объект исследований – условия труда на региональном электросетевом предприятии.

### **Методика исследований.**

Множество зарубежных стран уделяют методологии «профессионального риска» всё нарастающее внимание и объясняется это тем, что масштабные возможности ее применения в самых различных областях, перво-наперво в медицине труда, позволяют результативно решать различные аспекты оздоровления условий и охраны труда, своевременно диагностировать и осуществлять профилактику, при необходимости лечить профессиональные заболевания у работающего населения, доказательно использовать денежные ресурсы на охрану и сохранение здоровья работающего персонала [4]. Необходимо заметить, что использование известных принципов рискометрии в последующем даст возможности расчета и индивидуальных рисков профессиональных и производственно-обусловленных болезней персонала [5].

Для достижения цели исследования нами использовались такие методы исследования, как описание, анализ, синтез, обобщение и др.

### **Результаты исследований.**

В настоящее время национальная электрическая сеть выполняет особую системообразующую роль в единой энергетической системе (ЕЭС) Республики Казахстан. И как известно, ее управление осуществляет Казахстанская компания Акционерное общество «Kazakhstan Electricity Grid Operating Company» (АО «KEGOC»). Компания АО «KEGOC», выполняет функции системного оператора в Казахстане и оператора магистральных электрических сетей страны, которые включают линий электропередачи и подстанций напряжением 220, 500, 1150 кВ. Более того, компания АО «KEGOC» является оператором торговли электроэнергией между Казахстаном и граничащими сопредельными государствами.

В рамках стратегии по обеспечению надежности энергоснабжения и долгосрочной энергетической безопасности страны, а также устойчивого развития экономики Казахстана, КЕГОС активно реализует масштабные инвестиционные проекты по развитию Национальной электрической сети. Одна из осуществляемых инициатив в текущем 2025 году — это практическая реализация объединения энергосистемы Западного Казахстана с ЕЭС Казахстана в целях повышения надежности электроснабжения всего западного региона. Ко всему прочему, здесь очень важно отметить, что это один из первых шагов к закольцеванию энергосистемы Республики Казахстан. При этом пропускная способность сети увеличится на 500 МВт, будет построено 604 км линий. Завершение инициативы планируется в 2027 году.

Региональные электросетевые компании (РЭК) в Казахстане, в том числе и Западно-Казахстанская РЭК осуществляют свою деятельность в энергетической отрасли экономики и предоставляют услуги по передаче электрической энергии, эксплуатации электрических сетей и подстанций.

Западно-Казахстанская РЭК является энергопередающей организацией, ответственной за транспортировку электроэнергии от источников до всех потребителей области. Передача электрической энергии осуществляется по воздушным и кабельным линиям электропередачи напряжением 220, 110, 10 и 0,4 кВ.

ТОО «Западно-Казахстанская региональная электросетевая компания» в настоящее время осуществляет:

- реконструкцию действующих подстанций, электрических сетей и новое строительство;
- внедрение и капитальный ремонт автоматизированной системы коммерческого учета электрической энергии;
- замену устаревшего оборудования, приобретение основных средств;
- модернизацию существующего оборудования, энергообъектов, информационных систем управления технологическим процессом и другие инициативные инвестиционные проекты.

В месте с этим, электроустановки подстанций, воздушные линии электропередачи энергии и другие энергетические установки являются источниками низкочастотного электромагнитного поля, сдвинутых по фазе в разных источниках и оказывающих неблагоприятное воздействие на обслуживающих их персонал. В условиях энергетических предприятий повышенный фон магнитного поля особенно наблюдается в производственных цехах. При этом следует ещё иметь ввиду, что электромагнитные излучения распространяются в любых средах. Более того на предприятии источниками антропогенного низкочастотного электромагнитного поля могут быть:

- электрические машины, включающие в себя электродвигатели и генераторы, которые широко используются в производственной деятельности;
- трансформаторы, которые относятся к функциональным устройствам повышающие или понижающие напряжение в электрических сетях, создавая при этом электромагнитное поле в окружающем среде;



- кабели и проводка. Электрические кабели, особенно при высоких токах, создают в ближайшей вокруг себя среде магнитные поля;
- различное использующее электрическую энергию оборудование к которым можно отнести всё от бытовой техники до специализированного промышленного оборудования.

К тому же низкочастотные электромагнитные поля характерны для рабочих мест, которые автоматизированы и (или) компьютеризированы. Их источниками являются как, собственно, сами персональные компьютеры, также и импульсные блоки питания, электротехнические устройства поддержки электрической сети, производственные настольные лампы и другие приборы.

Следует иметь в виду, что вспомогательное и аварийное оборудование подстанций на большом пространстве может также создавать сложный комплекс вредных факторов, оказывающих влияние на физическое состояние человека. При этом продолжительное воздействие низкочастотных электромагнитных полей способствует возникновению неблагоприятного влияния на здоровье производственного персонала. В связи с этим существуют нормативы и предписания касаемых допустимых уровней такого рода полей на конкретных рабочих местах.

Вне сомнения, что совокупное воздействие ряда вредных производственных факторов может послужить к возникновению суммационного эффекта либо эффекту потенцирования. В производственных условиях чаще наблюдается естественный эффект некоторого усиления оказываемого воздействия одного фактора другими, вместе с тем, когда интенсивность влияния одного из факторов носит критический характер, доминируют трансформации, соответствующие механизму физиологического приспособления организма, работающего к данному экстремальному фактору.

Из вышеизложенного очевидна острая потребность комплексного рассмотрения вопросов уменьшения уровневых показателей вредных факторов на практических местах работы персонала энергопредприятий и сбережения их здоровья.

Создание и поддержание системы управления профессиональным риском санкционирует ускорение организацию и формирование безопасных и безвредных рабочих сред в производственных условиях, особо выделяя рабочие места, запрашивающие неотложные меры по уменьшению уровня различных рисков.

Измеров Н.Ф. в своих публикациях [6] отмечает, что наибольшую лепту в формирование профессионального риска для рабочего персонала, например на подстанции ПС 500 кВ вносят имеющиеся зоны с напряженностью электрического поля промышленной частоты от 5 до 15 кВ/м. Более того, И.С. Окраинская считает [7], что такие зоны занимают 90 - 99 % зоны влияния электрического поля, что представляется существенной частью.

Доказано [8-10], что степень производственной обусловленности возникновения в результате негативного воздействия внешних электромагнитных источников таких заболеваний, как болезни:

- сердечно-сосудистой системы (нейроциркуляторная дистония, неустойчивость сердечного ритма, нестабильность артериального давления, болезненные и неприятные ощущения в области сердца, нарушения и изменения в составе крови);

- нервной системы (бессонница, боли в мышцах, головные боли, депрессия, мышечная слабость, нарушение равновесия, головокружение, синдром атаксии, ухудшение памяти и восприятия информации);

- иммунной системы (угнетение Т-лимфоцитов, ослабление иммунной реакции);

- эндокринной системы (увеличение уровня адреналина и его всплески в крови, отрицательные изменения свертываемости крови, различные дисфункции и нарушения составных органов системы);

- системы пищеварения (уменьшение аппетита, ухудшение процесса пищеварения)

- половой системы (ослабление сперматогенеза, задержка роста и последующего развития плода у беременных женщин, снижение процесса лактации, осложнения и угрозы в период беременности, вероятность рождения ребенка с патологиями).

Категория производственных работников с наличием таких заболеваний подлежит регулярному обследованию на системной основе, обращенному на раннее выявление и лечению очагов хронических заболеваний [11].

#### **Обсуждения.**

Охрана персонала от неблагоприятного влияния низкочастотного электромагнитного поля обеспечивается мероприятиями, к которым относятся: организационные, инженерно-технические и лечебно-профилактические. В частности, организационные мероприятия содержат в себе – подбор и выбор рациональных режимов функционирования, минимизация продолжительности нахождения персонала в зоне воздействия низкочастотного электромагнитного поля, обучение персонала и соблюдение ими правил безопасной эксплуатации источников низкочастотного электромагнитного поля и др. В свою очередь инженерно-технические мероприятия включают в себя применение коллективных и индивидуальных средств защиты производственного персонала, экранирование различных источников низкочастотного электромагнитного поля или рабочего места.

#### **Заключение.**

Таким образом, профессиональные риски на энергетических предприятиях могут включать следующие особенности:

- для оперативного персонала - воздействие профессионального стресса из-за высокой плотности загрузки рабочей смены, состояния «оперативного покоя» у диспетчеров, возможности возникновения аварийной ситуации, отсутствия регламентированных перерывов. Основные группы оперативного персонала относятся диспетчера, которые проводят 85,9 % рабочей смены в помещениях главного щита управления и дежурные электромонтеры, которые контролируют оборудование до 47 % времени смены;

- вредные физические факторы рабочей среды — это в первую очередь воздействие электромагнитных полей, несоответствия нормативным значениям аэроионного состава воздуха рабочей зоны и показателей искусственного освещения. При этом стаж более 10 лет в условиях воздействия электромагнитных полей может быть фактором риска развития различных заболеваний.

Оценка влияния профессиональных рисков на состояние здоровья работников энергетических предприятий осуществляется системой социально-гигиенического мониторинга. Для этого анализируются данные о заболеваемости, случаи профессиональных заболеваний и инвалидности.

Защита персонала осуществляется системным и своевременным проведением организационных, инженерно-технических и лечебно-профилактических мероприятий.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Красовский В. О. Комбинированные профессиональные риски работников / В. О. Красовский, Г. А. Янбухтина // Матер. VII Всерос. конгр. «Профессия и здоровье». — М., 2008. — С. 134-136.
2. Иванова, С. А. Оценка и управление рисками на предприятии / С. А. Иванова // Экология и промышленность Казахстана. — 2008. — № 3 (8). — С. 4-5.
3. Отарбаева М. Б. Профессиональный риск - оценка и управление / М. Б. Отарбаева, К. З. Сакиев, О. В. Гребенева // Гигиена труда и медицинская экология. — 2016. — №3. — С. 19-28.
4. Кацнельсон Б. А. Концепция «приемлемого» риска - ключевой дискуссионный вопрос оценки и управления рисками для здоровья населения / Б. А. Кацнельсон, С. В. Кузьмин, В. Б. Гурвич // Гигиена и санитария. — 2007. — № 3. — С. 44 - 46.
5. Смирнова Е. Л. Индивидуальная оценка риска развития сердечно-сосудистой патологии в проблеме мониторинга здоровья персонала предприятий атомной индустрии / Е. Л. Смирнова, В. А. Воробьев, А. А. Зайцев // Сб. ст. всерос. науч.-практ. конф. «Актуальные вопросы гигиены, профпатологии и медицинской реабилитации». — Новосибирск, 2016. — С. 130-133.
6. Измеров Н. Ф. Физические факторы производственной и природной среды. Гигиеническая оценка и контроль / Н. Ф. Измеров, Г. А. Суворов. — М.: Медицина, 2003. — 560 с.
7. Окраинская И. С. Оценка профессионального риска по фактору «электрическое поле промышленной частоты» / И. С. Окраинская // Вестн. Южно-Уральского государственного университета. Сер. Энергетика. — 2013. — № 2. — С. 32-35.
8. Панков В. А. Оценка профессионального риска работников гидростанций, подвергающихся воздействию ЭМП промышленной частоты / В. А. Панков, М. В. Кулешова // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. — 2005. — №8 (46). — С. 148- 151.
9. Походвей Л. В. Профессия и здоровье / Л. В. Походвей, Е. В. Богачева // Матер. X все- рос. конгр. — М., 2011. — С. 403-404.

10. Ташпулатова М. Н. Изучение трудовых условий рабочих, работающих при воздействии электромагнитного излучения / М. Н. Ташпулатова, Б. К. Нурматов // Молодой ученый. - 2017. - № 23 (157). - Т. 2. - С. 27-29.

11. Стерлин О. В. Сравнительная оценка воздействия электромагнитного поля различного спектра на состояние здоровья работников учреждений энергообеспечения на основании анализа результатов рутинного периодического обследования / О. В. Стерлин, П. Б. Воронков // Медицина труда и пром. экология. - 2017. - № 9. - С. 178-179.

## REFERENCES

1. Krasovsky V. O. Combined professional risks of workers / V. O. Krasovsky, G. A. Yanbukhtina // Proceedings of the VII All-Russian Congress «Profession and Health». - M., 2008. - pp. 134-136.

2. Ivanova, S. A. Risk assessment and management at the enterprise / S. A. Ivanova // Ecology and industry of Kazakhstan. - 2008. - No 3 (8). - pp. 4-5.

3. Otalbaeva M. B. Professional risk - assessment and management / M. B. Otalbaeva, K. Z. Sakiev, O. V. Grebeneva // Occupational hygiene and medical ecology. - 2016. - No 3. - pp. 19-28.

4. Katsnelson B. A. The concept of «acceptable» risk - a key debatable issue in assessing and managing public health risks / B. A. Katsnelson, S. V. Kuzmin, V. B. Gurvich // Hygiene and Sanitation. - 2007. - No 3. - pp. 44 - 46.

5. Smirnova E. L. Individual assessment of the risk of developing cardiovascular pathology in the problem of monitoring the health of personnel of nuclear industry enterprises / E. L. Smirnova, V. A. Vorobyov, A. A. Zaitsev // Coll. Art. All-Russian scientific and practical. Conf. «Topical issues of hygiene, occupational pathology and medical rehabilitation». - Novosibirsk, 2016. - pp. 130-133.

6. Izmerov N. F. Physical factors of the industrial and natural environment. Hygienic assessment and control / N. F. Izmerov, G. A. Suvorov. - M.: Medicine, 2003. - 560 p.

7. Okrainskaya I. S. Assessment of professional risk by the factor "electric field of industrial frequency" / I. S. Okrainskaya // Bulletin of the South Ural State University. Series: Power Engineering. - 2013. - No 2. - pp. 32-35.

8. Pankov V. A. Assessment of professional risk of workers of hydroelectric power stations exposed to EMF of industrial frequency / V. A. Pankov, M. V. Kuleshova // Bulletin of the SB RAMS. - 2005. - No 8 (46). - pp. 148- 151.

9. Pokhodvey L. V. Profession and health / L. V. Pokhodvey, E. V. Bogacheva // Mater. X All-Russian Congress. - M., 2011. - pp.403-404.

10. Tashpulatova M. N. Study of working conditions of workers exposed to electromagnetic radiation / M. N. Tashpulatova, B. K. Nurmatov // Young scientist. - 2017. - No 23 (157). - Т. 2. - pp. 27-29.

11. Sterling O. V. Comparative assessment of the impact of electromagnetic fields of various spectra on the health of workers in energy supply institutions based on the analysis of the results of routine periodic examination / O. V. Sterling, P. B. Voronkov // Occupational medicine and industrial ecology. - 2017. - No 9. - pp. 178-179.

## ВЕРИФИКАЦИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИНДУКТОРА В ПОРТАТИВНЫХ ИНДУКЦИОННЫХ УСТРОЙСТВАХ: МЕТОДИКА РАСЧЕТА

*И.И. Соловьёв<sup>1</sup>, С.В. Бахтеев<sup>1</sup>, В.А. Лаврентьев<sup>2</sup>, М.В. Попов<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, Саратов, Россия

<sup>2</sup>Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., Саратов, Россия

**Аннотация.** В статье представлена методика расчета геометрических параметров индуктора для портативных устройств индукционного нагрева, применяемых при обслуживании коррозионных болтовых соединений. Проверяемый индуктор входит в комплект портативной установки и предназначен для нагрева болтовых соединений типа М12 из стали Ст.35. Рассмотрены ключевые этапы проектирования: определение глубины проникновения тока, расчет активного и реактивного сопротивлений, подбор размеров индуктора и оценка плотности тока. Результаты показывают, что предложенная методика обеспечивает объективность полученных практических результатов. Безопасность конструкции сохраняется даже при отсутствии водяного охлаждения, что критично для работ в ограниченных пространствах.  
**Ключевые слова:** индукционный нагрев, портативное устройство, геометрические характеристики, болтовые соединения, коррозия.

Original article

## VERIFICATION OF GEOMETRIC PARAMETERS OF THE INDUCTOR IN PORTABLE INDUCTION DEVICES: CALCULATION METHODOLOGY

*I.I. Solovyev<sup>1</sup>, S.V. Bakhteev<sup>1</sup>, V.A. Lavrentiev<sup>2</sup>, M.V. Popov<sup>1</sup>*

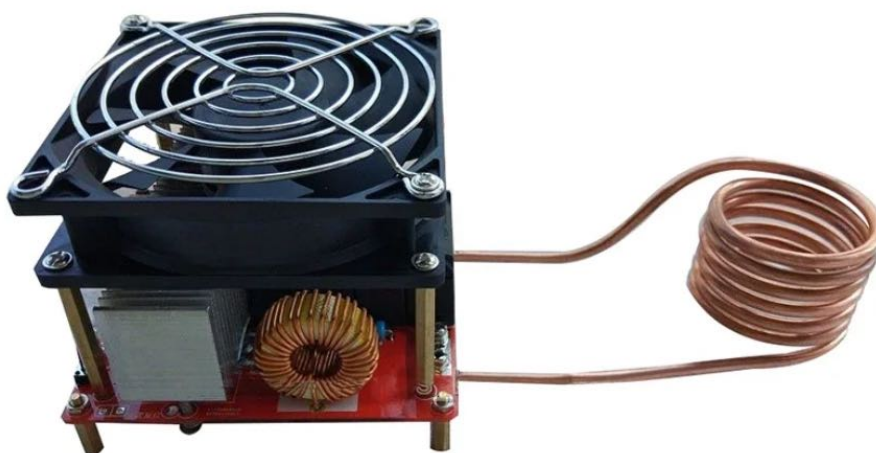
<sup>1</sup>Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering  
named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

<sup>2</sup>Saratov State Technical University named after Gagarin Yu.A., Saratov, Russia

**Abstract.** The article presents a methodology for calculating the geometric parameters of an inductor for portable induction heating devices used in servicing corroded bolted connections. The tested inductor is part of a portable setup designed for heating M12 bolted connections made of St.35 steel. Key design stages are considered: determining the skin depth of current penetration, calculating active and reactive resistances, sizing the inductor, and evaluating current density. The results demonstrate that the proposed methodology ensures the safety of the design even without water cooling, which is critical for operations in confined spaces.

**Keywords:** induction heating, portable device, geometric characteristics, bolted connections, corrosion.

Коррозия металлических соединений – распространенная проблема, требующая эффективных методов демонтажа. Индукционный нагрев, основанный на электромагнитной индукции, позволяет локально нагревать элементы без повреждения защитных покрытий. В работе исследуется индуктор, входящий в состав портативной установки (рис.), предназначенной для нагрева болтовых соединений М12 из стали Ст.35. Исходные параметры включают: внутренний диаметр индуктора  $d_1 = 3$  см, длину  $l_1 = 5,5$  см, круглую медную трубку (внешний диаметр 6 мм, толщина стенки 1 мм),  $f = 100$  кГц, напряжение  $U = 24$  В, массу заготовки  $m = 0,1$  кг, температуру нагрева  $T = 600$  °С, время нагрева  $t = 60$  с, максимальную мощность установки  $P_{\max} = 1000$  Вт, и максимальный ток индуктора  $I_{\max} = 250$  А.



**Рисунок. Индукционный нагреватель ZVS-1000**

Глубина проникновения тока ( $\Delta$ ) рассчитывается по формуле:

$$\Delta = \frac{k}{\sqrt{f}}; \quad (1.1)$$

где  $k = 0,07$  (медь, 40°С),  $k = 0,07$  (сталь, 600°С).

Для заданных условий:

$$\Delta_{Cu} = 0,022 \text{ см}; \quad \Delta_{ст} = 0,19 \text{ см}; \quad (1.2)$$

Собственное активное сопротивление индуктора определяется как:

$$R'_1 = \rho_{Cu} \frac{\pi \cdot d_1}{l_1 \cdot \Delta_{Cu}} = 1,33 \cdot 10^{-4} \text{ Ом}; \quad (1.3)$$

Приведенное активное сопротивление заготовки:

$$R'_2 = 6,2 \cdot 10^{-8} \cdot f \cdot \frac{d_2^2 \cdot A}{n \cdot l_2} = 8,12 \cdot 10^{-4} \text{ Ом}; \quad (1.4)$$

где  $d_2 = 2$  см,  $A = 0,18$ ,  $n = 1$ ,  $l_1 = 5,5$  см.

Реактивные сопротивления рассчитываются по формулам:

$$x_1' = 6,2 \cdot 10^{-8} \cdot f \cdot \frac{d_1^2}{l_1} = 0,0101 \text{ Ом}; \quad (1.5)$$

$$x_2' = 6,2 \cdot 10^{-8} \cdot f \cdot \frac{d_1^2}{n \cdot l_2} \cdot (1 - B) = 0,0018 \text{ Ом}; \quad (1.6)$$

где  $B = 0,2$ .

Полное сопротивление:

$$z' = \sqrt{(R_1' + R_2')^2 + (x_1' + x_2')^2} = 0,0083 \text{ Ом}; \quad (1.7)$$

Коэффициент мощности:

$$\cos(\varphi) = \frac{R_1' + R_2'}{z'} = 0,114; \quad (1.8)$$

Электрический КПД:

$$\eta_s = \frac{R_2'}{R_1' + R_2'} = 0,86; \quad (1.9)$$

Полный КПД:

$$\eta = \eta_s \cdot \eta_t = 0,774; \quad (1.10)$$

Тепловая мощность, необходимая для нагрева заготовки:

$$P_u = \frac{c \cdot m \cdot \Delta T}{t} = 460 \text{ Вт}; \quad (1.11)$$

где  $c = 0,12 \text{ ккал/кг} \cdot ^\circ\text{С}$ .

Мощность индуктора:

$$P_{\text{инд}} = \frac{P_u}{\eta} = 594 \text{ Вт}; \quad (1.12)$$

при КПД системы  $\eta = 77,4\%$ . Максимальная мощность установки (1000 Вт) превышает расчетную (594 Вт), так как включает резерв для кратковременных пиковых нагрузок и компенсации дополнительных потерь (нагрев кабелей, индуктора, КПД преобразователя).

Ток индуктора:

$$I_u = \frac{P_{\text{инд}}}{U \cdot \cos(\varphi)} = 216 \text{ А}; \quad (1.13)$$

Заявленный максимальный ток (250А) соответствует запасу для работы в экстремальных условиях, например, при снижении КПД или нагреве до большей температуры.

Число витков индуктора определяется по формуле:

$$w = \frac{U}{z'} \sqrt{\frac{(R_1' + R_2') \cdot 10^{-3}}{P_{\text{инд}}}} = 8 \text{ витков}; \quad (1.14)$$

Плотность тока в медной трубке:

$$\delta = \frac{I_u}{S} = 13,7 \text{ А/мм}^2; \quad (1.15)$$

где площадь сечения меди  $S = \pi \cdot (3^2 - 2^2) = 15,7 \text{ мм}^2$ . Такое значение допустимо только для кратковременного нагрева (до 60 с) при условии контроля температуры. Для меди без водяного охлаждения допустимая плотность тока составляет 5-8 А/мм<sup>2</sup>.

Выводы:

1. Результаты расчета подтвердили соответствие исходных параметров индуктора нагреваемым деталям типа М12 из стали Ст.35.;
2. Представленный теоретический расчет подтвердился практическими результатами, однако требуется дополнительная верификация при работе на максимальных режимах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Слухоцкий, А.Е. Установки индукционного нагрева / А.Е. Слухоцкий, В.С. Ненков, Н.А. Павлов, А.В. Бамунер // Под ред. А.Е. Слухоцкого – Л.: Энергоиздат. Ленинградское издание, 1981. – 328 с.
2. Семенова, И.В. Коррозия и защита от коррозии / И.В. Семенова, Г.М. Флорианович, А.В. Хорошилов // Москва, 2010. – 416 с.
3. Богданов, В.Н. Применение сквозного индукционного нагрева в промышленности / В.Н. Богданов, С.Е. Рыскин // Москва: Машиностроение, 1965. – 96 с.
4. Соловьёв, И.И. Обслуживание и демонтаж коррозионных болтовых соединений линий электропередачи / И.И. Соловьёв, С.В. Бахтеев // В сборнике: Инновационное техническое обеспечение агропромышленного комплекса. научно-техническая конференция с международным участием имени А.Ф. Ульянова. Саратов, 2024. С. 241-246.

## REFERENCES

1. Slukhotsky, A.E. Induction Heating Installations / A.E. Slukhotsky, V.S. Nenkov, N.A. Pavlov, A.V. Bamuner // Ed. A.E. Slukhotsky – L.: Energoizdat. Leningrad Publishing House, 1981. – 328 p.
2. Semenova, I.V. Corrosion and Corrosion Protection / I.V. Semenova, G.M. Florianovich, A.V. Khoroshilov // Moscow, 2010. – 416 p.
3. Bogdanov, V.N. Application of Through Induction Heating in Industry / V.N. Bogdanov, S.E. Ryskin // Moscow: Mashinostroenie, 1965. – 96 p.
4. Solovyov, I.I. Maintenance and dismantling of corrosive bolted connections of power transmission lines / I.I. Solovyov, S.V. Bakhteyev // In the collection: Innovative technical support of the agro-industrial complex. scientific and technical conference with international participation named after A.F. Ulyanov. Saratov, 2024. Pp. 241-246.



*Научное издание*

МАТЕРИАЛЫ XXXVIII МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
ИМЕНИ В.В. МИХАЙЛОВА

«ПРОБЛЕМЫ ЭКОНОМИЧНОСТИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ  
АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ»

Выпуск 38

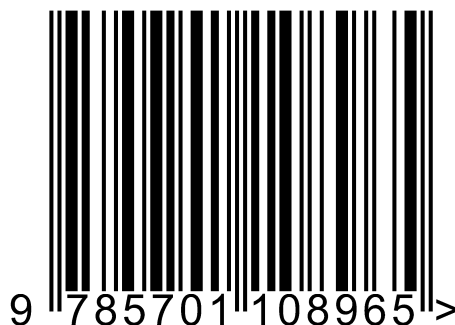
Электронное издание

*Адрес размещения:*

<https://www.vavilovsar.ru/nauka/konferencii-saratovskogo-gau/2025-g>

Компьютерная верстка В.В. Венскайтис

ISBN 978-5-7011-0896-5



Дата размещения 02.12.2025 г. Объем данных: 15,9 Мбайт.  
Аналог печ. л. 19,8. Формат 60×84 1/16. Заказ №896

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.