

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

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

**Западно-Казахстанский государственный университет**

**имени М. Утемисова**

**Белорусский государственный аграрный  
технический университет**

**Петербургский государственный университет путей сообщения**

**Императора Александра I**

**Всероссийский научно-исследовательский институт  
использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве**

**Саратовский государственный технический университет**

**имени Гагарина Ю.А.**

**ООО «Мировая техника»**

**XXXVI МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ ИМЕНИ В.В. МИХАЙЛОВА  
«ПРОБЛЕМЫ ЭКОНОМИЧНОСТИ  
И ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ»  
посвященная 110-летию Вавиловского университета**



**г. Саратов**

---

---

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

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

**Западно-Казахстанский государственный университет  
имени М. Утемисова**

**Белорусский государственный аграрный  
технический университет**

**Петербургский государственный университет путей сообщения  
Императора Александра I**

**Всероссийский научно-исследовательский институт  
использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве**

**Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.**

**ООО «Мировая техника»**

**ПРОБЛЕМЫ ЭКОНОМИЧНОСТИ  
И ЭКСПЛУАТАЦИИ  
АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ**

**Выпуск 36**

**Саратов**

**2023**

---

---

УДК 621.43.01(082)

ББК 31.365

П 78

Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники [Текст]: Материалы Международной научно-технической конференции имени В.В. Михайлова, посвящённой 110-летию Вавиловского университета. – Вып. 36. – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023. – 408 с.

ISBN 978-5-7011-0833-0

В сборнике представлены материалы докладов участников XXXVI Международной научно-технической конференции имени В.В. Михайлова «Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники», проходившей 17-18 мая 2023 года на базе ФГБОУ ВО Вавиловский университет.

В статьях рассмотрены общетеоретические и прикладные вопросы эксплуатации, восстановления, 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.

УДК 621.43.01(082)

ББК 31.365

Материалы изданы в авторской редакции

ISBN 978-5-7011-0833-0

© ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023

© Авторы статей, 2023

---

---

## Уважаемые читатели!

В этом сборнике опубликованы материалы XXXVI Международной научно-технической конференции имени В.В. Михайлова «Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники», проходившей 17, 18 мая 2023 года на базе ФГБОУ ВО Вавиловский университет.

Основные 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.

В статьях рассмотрены общетеоретические и прикладные вопросы эксплуатации, восстановления, диагностирования, применения цифровых технологий в сельском хозяйстве, совершенствования конструкции автотракторной и сельскохозяйственной техники, а также актуальные результаты исследований специалистов.

Материалы статей предназначены для инженеров, преподавателей, научных работников. Они будут полезны обучающимся старших курсов вузов, магистрантам, аспирантам, докторантам.

Председатель оргкомитета:

д-р техн. наук, профессор кафедры  
«Техническое обеспечение АПК»  
ФГБОУ ВО Вавиловский университет

В.В. Сафонов



---

---

## СОДЕРЖАНИЕ

### МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

<b>Барыльникова Е.П., Талипова И.П., Фахруллин И.Р.</b> Исследование изменения условий смазочного процесса подшипников коленчатого вала ДВС в эксплуатации	10
<b>Гамаюнов П.П., Балберов Р.В.</b> Применение современных композитных материалов в конструкции электрических предпусковых подогревателей ДВС	15
<b>Иншаков А.П., Курбакова М.С., Курбаков И.И., Иншакова А.С.</b> Стабилизация топливоподачи тракторного двигателя	22
<b>Калимуллин Р.Ф., Кулаков А.Т., Нуретдинов Д.И., Щигарцов И.М., Гафиятуллин А.А., Кулаков О.А.</b> Обеспечение устойчивости к прогибу шатунных тонкостенных вкладышей автомобильных двигателей	27
<b>Насонов С.И., Хольшев Н.В., Букина М.А., Глазков В.Ю.</b> Приложение для расчета внешней скоростной характеристики ДВС	39
<b>Никитин Д.А., Гафиятуллин А.А., Снарский С.В., Асоян А.Р.</b> Результаты оптимизации контактно-силового взаимодействия деталей ЦПГ с учетом реальных геометрических параметров гильзы цилиндра	44
<b>Никитин Д.А., Павлов А.В., Осипов А.В., Курилкин Д.Н.</b> Повышение эксплуатационной надежности и снижение трудоемкости обслуживания и ремонта кожухов зубчатых передач колесно-моторных блоков локомотивов путем замены их материала на композиционный	51
<b>Никитин Д.А., Чекмарев В.В., Зубов А.А.</b> Применение аддитивных технологий при изготовлении отливок заготовок поршневых колец	57
<b>Прокопцова М.Д.</b> Компонентный состав отложений, образующихся в масляной системе дизельного двигателя	64
<b>Стрельников В.А.</b> Механизм образования сажевых частиц в отработавших газах дизелей	68

Тетерин М.Ф., Барыкин А.Ю., Гафиятуллин А.А. Влияние показателей дизельного топлива на работу двигателя	73
Тетерин М.Ф., Барыкин А.Ю., Гафиятуллин А.А. Некоторые результаты физико-химического анализа дизельного топлива	85
<b>ВОССТАНОВЛЕНИЕ И УПРОЧНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ</b>	
Люляков И.В., Берёзкин А.С. Восстановление работоспособности плужных лемехов	93
Панькин Н.А., Ильин С.В. Исследование электрических характеристик межэлектродного промежутка при электроискровой обработке изделия из стали электродом из оловянной бронзы	97
Соченко Т.В., Захарова И.Х., Астащенко В.И., Панов А.Г. Методы повышения прочностных характеристик деталей тракторной техники при поверхностной закалке	102
<b>РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ</b>	
Наследсков В.А., Басыров Р.Р. Альтернативные источники энергии автомобиля	110
Уханов Д.А., Уханов А.П. Комбинированный фильтр для работы дизеля на двухкомпонентном топливе	116
<b>ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН</b>	
Басков В.Н., Игнатов А.В. Оценка надежности оператора транспортно-технологических машин в процессе эксплуатации	122
Батгалов Н.И., Хуснетдинов Ш.С. Анализ методов тепловой подготовки транспортно-технологических машин	128
Кушнарев Л.И. Повышение качества машин и оборудования на основе фирменного технического сервиса	134
Кушнарев С.Л. Направления повышения качества машин и оборудования	141
Латыпов М.И., Басыров Р.Р. Исследование вибрации и шума при эксплуатации автотракторной техники	148
Хуснетдинов Ш.С., Нигаматьянов И.О. Организация текущего ремонта силового агрегата транспортной машины	153

**Шишурин С.А., Марадудин А.М., Васильчиков В.В., Илларионов И.Ю., Клещевский А.С.** Теоретические аспекты автоматической стыковки транспортного средства с прицепом 158

## **ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

**Баклушина О.А.** Цифровизация производства салатной зелени рукколы на основе математического моделирования 163

**Куприн М.С., Осипов И.А., Самохин Н.Е., Ключиков А.В.** Имитационное моделирование сельскохозяйственной техники 169

**Мироненко А.А., Газизова С.Р., Басыров Р.Р.** Цифровизация сельского хозяйства в России 176

**Розанов А.В., Богатырев С.А., Колотырин К.П.** Особенности цифровизации датчиков контроля потока зерна 182

**Севастьяк Т.В., Раубо В.М., Гурина А.Н., Процко Е.А., Андрухович Е.С.** Применение систем видеоаналитики для обеспечения безопасности работников ремонтных мастерских АПК 191

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

**Васильчиков В.В., Марадудин А.М.** Особенности прочностного расчета опорной платформы тренажера трактора 196

**Гафиятуллин А.А., Кулаков О.А., Калимуллин Р.Ф.** Способ и устройство для исследования формоизменения шатунных вкладышей дизельных двигателей 202

**Горбушин П.А., Шишурин С.А., Илларионов И.Ю., Вольсков Р.В.** Перспективные способы упрочнения поверхностей режущих элементов сельскохозяйственной техники 211

**Гребенников С.А., Басков В.Н., Гребенников А.С., Косарева А.В.** Способ и устройство диагностики зубчатых зацеплений трансмиссии автомобилей 219

**Гребенников С.А., Гребенников А.С., Киселев Г.О., Рогожин А.В., Косарева А.В.** Особенности неравномерного изнашивания подшипников коленчатого вала ДВС 227

**Корнеева В.К., Капцевич В.М., Закревский И.В., Ковалевич Е.В., Остриков В.В.** Совершенствование устройства для определения воды в моторном масле 236

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

- Барыкин А.Ю.** Условия работы пар трения дифференциала 243
- Салахов Р.Н.** Способы повышения износостойкости деталей и узлов трения машин в эксплуатации 248
- Сафонов К.В., Шишурин С.А., Сафонов В.В., Остриков В.В.** Исследование состава поверхностной пленки сформированной под действием добавки Кластер-В 254
- Снежко А.В., Снежко В.А.** Центрифуга с вихревым гидроприводом: совершенствование конструкции и перспективы применения 261

## **НОВЫЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ**

- Рукавишников А.А., Колесникова А.Н.** Материалы для машиностроения. Аддитивные технологии в машиностроении 269

## **НАНОМАТЕРИАЛЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

- Горбушин П.А., Сафонов В.В., Шишурин С.А., Мандров С.А.** Применение нанокпозиционного никелирования для упрочнения режущих элементов уборочных машин 281

## **ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

- Бойков В.М., Старцев С.В., Павлов А.В., Нестеров Е.С.** Влияние технологий вспашки почвы плугами ПЛН и ПБС на накопление влаги 289
- Бойков В.М., Старцев С.В., Павлов А.В., Нестеров Е.С.** Влияние технологий основной обработки почвы на урожайность ячменя в условиях Саратовского Заволжья 296
- Бойков В.М., Старцев С.В., Павлов А.В., Нестеров Е.С.** Использование плуга ПБС для заделки сидеральных культур в почву 303
- Бойков В.М., Старцев С.В., Павлов А.В., Нестеров Е.С.** Результаты внедрения ресурсосберегающей технологии обработки почвы под подсолнечник 310
- Глазков А.Ю.** Линейка машин для линии приготовления кормов в крестьянско-фермерских хозяйствах 317
- Гумаров Г.С., Сагингалиева А.Г.** Техническое обслуживание оборудования для водоснабжения и поения животных 323

<b>Конев А.Ю., Хольшев Н.В.</b> Влияние однородности корма на продуктивность сельскохозяйственных животных	329
<b>Левина И.В., Тюрин И.Ю., Лушников А.А.</b> Проблемы химического консервирования сена с повышенной влажностью	335
<b>Левченко А.В.</b> Технические средства для удаления и погрузки почвы в промышленных теплицах	340
<b>Макаров С.А., Демин Е.Е., Данилин А.В., Шишкин И.В.</b> Конструкция механизированного устройства по производству вермикомпоста	345
<b>Милюткин В.А.</b> Инновационные технология и сеялка – Condor (АО «Евротехника», г. Самара) для посева зерновых при недостаточном увлажнении	351
<b>Мухамбетов Д.З., Тюрин И.Ю., Гамаюнов Д.В.</b> Анализ систем автоматического управления производительностью дозирующих устройств кормозаготовительных установок	358
<b>Павлов П.И., Васильчиков В.В.</b> Методы технического контроля рабочих параметров погрузчиков сельскохозяйственного назначения	362
<b>Павлов П.И., Васильчиков В.В.</b> Классификация питателей сельскохозяйственных погрузчиков непрерывного действия	367
<b>Сагингалиева А.Г.</b> Меры безопасности при эксплуатации ультразвукового технологического оборудования	372
<b>Смотряков Д.А., Павлов П.И., Курунин В.А.</b> Конструктивно-технологическая схема машины для формирования блоков	382
<b>Шарашов М.Д.</b> Модель оптимизации процесса сушки продуктов растениеводства	387
<b>Ширванов Р.Б.</b> Технологии возделывания пшеницы твердых и сильных сортов в условиях Запада Казахстана	391
<b>Шишурин С.А., Бахтиев Р.Н., Марадудин А.М., Леонтьев А.А., Илларионов И.Ю.</b> Анализ селекционных сеялок для посева зерновых и овощных культур	401

# МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

УДК 629.113

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ УСЛОВИЙ СМАЗОЧНОГО ПРОЦЕССА ПОДШИПНИКОВ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА ДВС В ЭКСПЛУАТАЦИИ

*Е.П. Барыльникова, И.П. Талипова, И.Р. Фахруллин*

Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского)  
федерального университета, г. Набережные Челны, Республика Татарстан

**Аннотация:** показана взаимосвязь процесса смазывания подшипников коленчатого вала от параметров системы смазки и технического состояния двигателя внутреннего сгорания.

**Ключевые слова:** двигатель внутреннего сгорания, подшипники коленчатого вала, износ, трение, давление, система смазки.

## INVESTIGATION OF CHANGES IN THE CONDITIONS OF THE LUBRICATION PROCESS OF THE BEARINGS OF THE CRANKSHAFT OF THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE IN OPERATION

*E.P. Barylnikova, I.P. Talipova, I.R. Fakhrullin*

Naberezhnochelninsky Institute (Branch) Kazan (Volga Region)  
Federal University, Naberezhnye Chelny, Tatarstan

**Abstract:** the relationship between the lubrication process of crankshaft bearings and the parameters of the lubrication system and the technical condition of the internal combustion engine is shown.

**Keywords:** internal combustion engine, crankshaft bearings, wear, friction, pressure, lubrication system.

Работоспособность двигателя в значительной степени определяется техническим состоянием коленчатого вала. Пара трений «шейка вала-вкладыш» изнашиваются, изменяется их геометрическая форма и образуется такой отказ, как проворачивание шатунных вкладышей [1].

Состояние подшипников коленчатого вала (ПКВ) зависит от многих факторов, в том числе и от надежной работы системы смазки двигателя.

Исследованиями [2] установлено, что причинами проворачивания шатунных вкладышей является недостаточность количества масла, которое подается в шатунные подшипники. Шатунные подшипники подвержены масляному голоданию, что может характеризовать изменение технического состояния коленчатого вала, а подшипники уже неспособны выполнять функции, установленные конструкторской документацией.

Подача масла к шатунным ПКВ обеспечивается смазочной системой двигателя. По схеме (рис. 1) видно, что масло подается по отверстиям внутри коленчатого вала от ближайшей коренной шейки.

Считается, что реализация жидкостного режима для ПКВ достигается непрерывной подачей масла под давлением к подшипнику. Но анализ причин отказов ПКВ [3] показывает, что одним из факторов, приводящему к такому явлению как проворачивание вкладышей в эксплуатации, является изменение давления в системе смазки и, как следствие, снижение расхода масла через шатунный вкладыш.

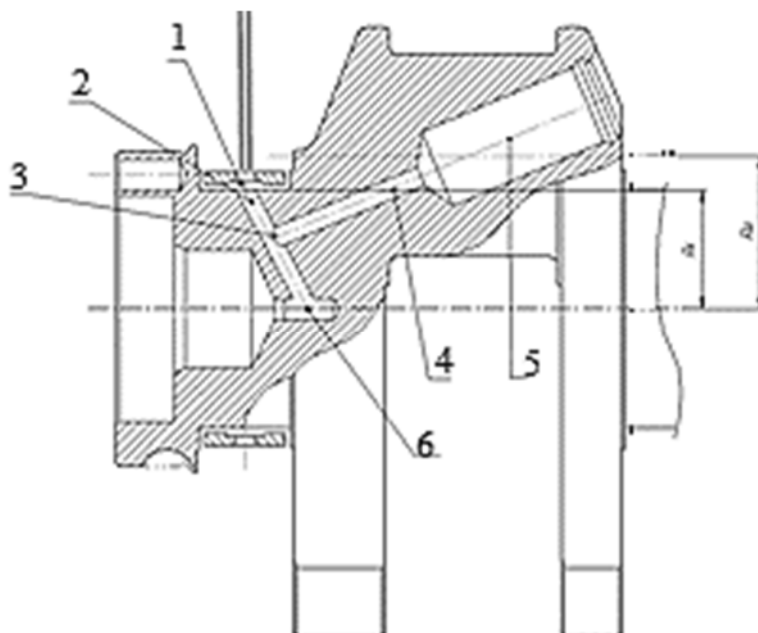


Рисунок 1. Схема подвода масла к подшипникам двигателя КАМАЗ-740:  
1 – кольцевой канал, 2 – канал в коренной шейке, 3 – вход в канал подвода к шатунной шейке, 4 – канал подвода к шатунной шейке, 5 – полость центробежной ловушки, 6 – точка по оси КВ

Исследуя организацию подвода масла к ПКВ, сформулируем гипотезу, что техническое состояние ПКВ можно оценить совокупностью характеристик  $J(U_s)$ , которыми могут быть давление в системе смазки, зазоры в ПКВ и расход масла через ПКВ. Эти характеристики представим в виде вектора  $r$ , положение конечной точки которого будет определяться техническим состоянием ПКВ.

В период эксплуатации техническое состояние ПКВ изменяется, вследствие чего будут изменяться условия смазывания.

Пространство ограниченное линией  $Q_k$  (рис. 2), характеризующее прокачку масла через канал в коренной шейке и линией  $Q_{ш}$ , показывающей расход масла через шатунный подшипник разделим на три области:

- область *I* работоспособного состояния ПКВ, т.е. когда обеспечиваются нормальные условия смазывания ПКВ;
- область *II* предотказного состояния, когда на условия смазывания оказывают влияния изменяющиеся характеристики  $J(U_s)$ ;
- область *III*, в которой характеристики  $J(U_s)$  достигают такого значения, когда дальнейшая эксплуатация вкладышей ПКВ нецелесообразна.

Для каждой области сформулируем условия смазывания подшипников коленчатого вала по расходу масла через ПКВ.

*I* – область нормального режима смазывания ПКВ

$$Q_k > Q_{ш}, \text{ где } Q_k = Q_l - Q_s, \quad (1)$$

где  $Q_k$  – располагаемый приток масла через канал в коренной шейке;  $Q_l$  – расход масла на входе в коренной подшипник;  $Q_s$  – расход (утечка) масла через зазоры в коренном подшипнике;  $Q_{ш}$  – потребный расход масла через шатунный подшипник.

*II* – область предотказного режима смазывания ПКВ (вероятность наступления разрыва масляного потока)

$$Q_k \geq Q_{ш}. \quad (2)$$

Расход масла зависит от давления масла, которое образуется в кольцевом канале коренного подшипника, а также потерь, которые обусловлены переходом масла из неподвижного канала во вращающиеся каналы коленчатого вала [4].



Если действие центробежных сил, образующейся на участке от точки входа в канал коренной шейки (точка 2, рис. 1) до точки входа в наклонный канал подвода к шатунной шейке равно или превышает давление масла в точке перегиба (точка 3, рис. 1) может наступить разрыв потока масла.

В качестве гипотезы принято, предотказный (критический) режим смазывания ПКВ (условие разрыва масляного потока на пути к шатунным подшипникам) может быть достигнут при равенстве потребного расхода  $Q_{ш}$  через шатунные подшипники над располагаемым притоком  $Q_{к}$ .

III – условие масляного голодания шатунных подшипников коленчатого вала

$$Q_{к} < Q_{ш}, \quad (3)$$

где

$$Q_{к} = Q_1 - Q_{so}e^{bl}; \quad Q_{ш} = Q_{шo}e^{bl}.$$

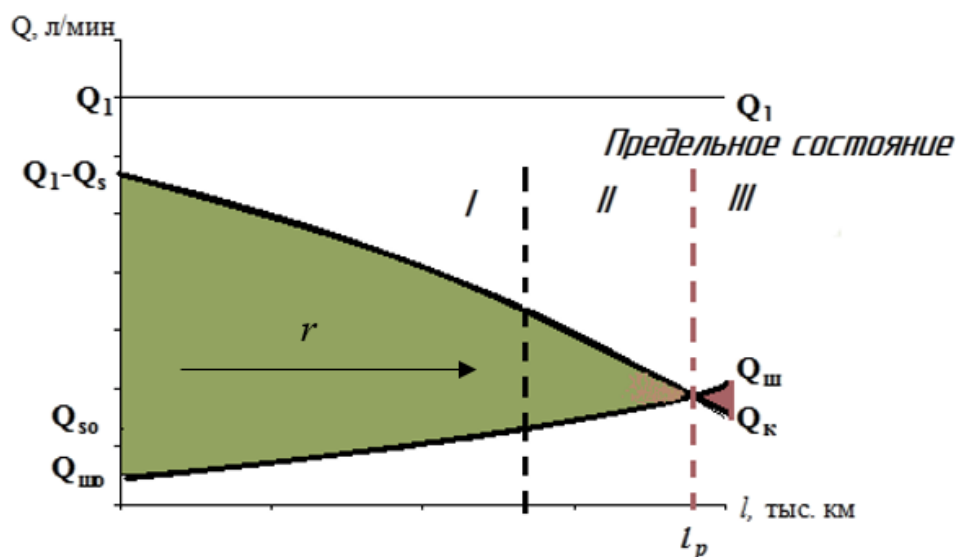


Рисунок 2. Условия режимов смазывания ПКВ:

I – нормальное; II – предотказное; III – масляное голодание

Принадлежность конечной точки вектора  $r$  областям I и II означает, что ПКВ находятся в работоспособном состоянии, при этом их характеристики находятся в пределах

$$R_{s1} < J(U_s) < R_{s2}, \quad (4)$$

где  $R_{s1}$  и  $R_{s2}$  – допустимые пределы областей I и II.

Пересечение вектора  $r$  точки предельного состояния указывает на нарушение условия (4) и выход ПКВ из работоспособного состояния.

Таким образом, рассмотрев процесс подвода масла к ПКВ сформулировано предположение, что изменение смазочного процесса подшипников коленчатого вала зависит от изменяющихся условий, которые приводят к образованию критических режимов работы ДВС в эксплуатации.

Обеспечение нулевого вектора является главной задачей конструкторов. Изменение подхода к проектированию и расчету параметров смазочной системы и ДВС в целом, исходя из обратной связи: при наихудших параметрах технического состояния недопустимы никакие изменения смазочного процесса шатунных подшипников – как самых уязвимых и зависимых от появления вектора совокупности характеристик, которыми могут быть давление в системе смазки, зазоры в ПКВ и расход масла через ПКВ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ повреждений элементов коленчатых валов двигателей большегрузных автомобилей в эксплуатации и их причин / Е.П. Барыльникова, А.Т. Кулаков, А.А. Макушин // Актуальные проблемы автотранспортного комплекса : Межвузовский сборник научных статей (с международным участием) / Самарский государственный технический университет. – Самара : Самарский государственный технический университет, 2013. – С. 57–65.

2. Влияние износов в коренных и шатунных подшипниках на режимы смазки шатунных подшипников дизеля КАМАЗ-740 / А.Т. Кулаков, Е.П. Барыльникова, И.Р. Фахруллин // Прогрессивные технологии в транспортных системах: Евразийское сотрудничество : Сборник материалов XV международной научно-практической конференции, Оренбург, 09–11 декабря 2020 года. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2020. – С. 364–369.

3. Изменение условий смазки шатунных подшипников в процессе эксплуатации двигателя / А.С. Денисов, А.Т. Кулаков, А.А. Гафиятуллин, О.А. Кулаков // Трение и смазка в машинах и механизмах. – 2010. – № 10. – С. 13–22.

4. Повышение ресурса автомобильных двигателей стабилизацией режима смазывания шатунных подшипников в эксплуатации / Е.П. Барыльникова, И.Т. Ковриков, С.Ю. Коваленко // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2014. – № 10(171). – С. 15–22.

УДК 656.02

## ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ В КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕДУСКОВЫХ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ ДВС

*П.П. Гамаюнов, Р.В. Балберов*

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

**Аннотация:** двигатель внутреннего сгорания при эксплуатации в условиях низких температур подвергается сильному изнашиванию, в большей степени основные износы приходятся на период пуска-прогрева. Это связано с физическими свойствами применяемого моторного масла. Во избежание пусков двигателя внутреннего сгорания с повышенным износом необходимо применение электрического предпускового подогревателя на основе композитных материалов.

**Ключевые слова:** двигатель внутреннего сгорания, масло, подогреватель, запуск двигателя.

## APPLICATION OF MODERN COMPOSITE MATERIALS IN THE DESIGN OF ELECTRIC PREHEATERS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES

*P.P. Gamayunov, R.V. Balberov*

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russia

**Abstract:** the internal combustion engine under operation at low temperatures undergoes severe wear, to a greater extent the main wear occurs during the start-up-warm-up period. This is due to the physical properties of the engine oil used. In order to avoid starting an internal combustion engine with increased wear, it is necessary to use an electric preheater based on composite materials.

**Keywords:** internal combustion engine, oil, heater, engine start.

Эффективность использования автомобилей в значительной степени зависит от технического состояния наиболее сложного дорогостоящего агрегата

двигателя, долговечность и безотказность работы которого определяются климатическими условиями, нагрузочными, скоростными, температурными режимами работы, качеством обслуживания и многими другими факторами. Влияние этих факторов усиливается с понижением температуры окружающей среды. В условиях зимней эксплуатации, особенно в период пуска-прогрева, увеличиваются количество отказов двигателей, трудозатраты на их устранение и простои машин при подготовке двигателей к работе. Достаточно отметить, что простои машин из-за затрудненного пуска двигателя при температуре  $-25...30^{\circ}\text{C}$  и ниже часто достигают 1,0...1,5 ч и более. При этом на пусковых режимах повышается интенсивность изнашивания основных сопряжений, что снижает долговечность двигателя [1].

Электрические предпусковые подогреватели ДВС являются необходимыми в условиях холодной зимней погоды, когда температура воздуха опускается ниже нуля. В таких условиях масло и охлаждающая жидкость становятся более густыми и меньше поддаются циркуляции, что затрудняет запуск двигателя.

Подогреватели решают эту проблему, нагревая масло и охлаждающую жидкость, что ускоряет запуск двигателя и снижает нагрузку на систему электропуска. Кроме того, предпусковые подогреватели снижают износ двигателя и повышают его эффективность, так как горячий двигатель работает более эффективно, что снижает расход топлива и увеличивает ресурс.

Также использование подогревателей позволяет сократить время прогрева двигателя после запуска, что повышает его экономичность и снижает выбросы вредных веществ в атмосферу. В целом, применение электрических предпусковых подогревателей ДВС является необходимым для устранения проблем, связанных с запуском двигателя в холодное время года, а также для повышения его эффективности и экономичности [2].

Существует ряд проблем, связанных с традиционными материалами в конструкции предпусковых подогревателей:

- коррозия – многие традиционные материалы могут корродировать при воздействии тепла и влаги, что может привести к значительному снижению качества конструкции;
- сложность установки – некоторые традиционные материалы могут быть сложными в установке, что может увеличить затраты на труд и время;
- дороговизна основах материалов.

В связи с данными проблемами необходимо рассмотреть альтернативные варианты материальных исполнений основных деталей предпусковых подогревателей ДВС.

Композитные материалы – это материалы, состоящие из двух или более компонентов с разными свойствами, объединенных в единое целое. Они обладают уникальными свойствами, которые делают их привлекательными для использования в различных отраслях.

Одним из главных преимуществ композитных материалов является их высокая прочность и жесткость при небольшой массе. Композиты могут быть разработаны таким образом, чтобы они достигали значительно больших показателей прочности и жесткости, чем традиционные материалы при тех же размерах и весе. Это особенно полезно в конструкциях подогревателей, где жесткость, прочность и долговечность материала играют ключевую роль.

Кроме того, композиты обладают хорошими антикоррозионными свойствами, что делает их идеальным выбором для использования в условиях, где материалы могут подвергаться воздействию коррозии или другим повреждающим факторам. Еще одним преимуществом композитов является их способность поддерживать высокие температуры, что делает их идеальным выбором для использования в конструкциях подогревателей.

Композитные материалы также легко поддаются обработке и могут быть легко адаптированы к различным формам и размерам, что позволяет конструировать подогреватели с нестандартными формами. Кроме того, они могут быть произведены с низкой стоимостью при большой серийности, что также делает их привлекательным выбором для использования в различных отраслях.

В целом, использование композитных материалов в конструкциях подогревателей может привести к значительному улучшению производительности и долговечности этих устройств [3].

Для проектирования конструкции подогревателя с использованием композитных материалов необходимо учитывать следующие факторы:

1. Температурные условия: выбор материалов должен основываться на температурных условиях, при которых будет использоваться подогреватель.

2. Механические нагрузки: подогреватель может быть подвержен механическим нагрузкам, таким как вибрация, удары или давление. Материалы, используемые для конструкции, должны быть достаточно прочными, чтобы выдерживать эти нагрузки.

3. Химическая совместимость: если подогреватель будет использоваться с различными жидкостями или газами, необходимо убедиться, что материалы, используемые для конструкции, совместимы с этими средствами.

4. Электрические свойства: при проектировании подогревателя необходимо учитывать его электрические свойства, такие как сопротивление и емкость.

Исходя из этих факторов можно выбрать оптимальные материалы для каждого элемента конструкции. Например, для основания можно использовать фольгированный стеклотекстолит (рисунок 1) или углеродную фибру, так как они обладают высокой прочностью и легкостью. Для нагревательного элемента можно выбрать терморезистивный материал, такой как нихром, кантал или чешуйчатый графит (рис. 2), которые обладают высокой температурной стабильностью и электрической проводимостью.

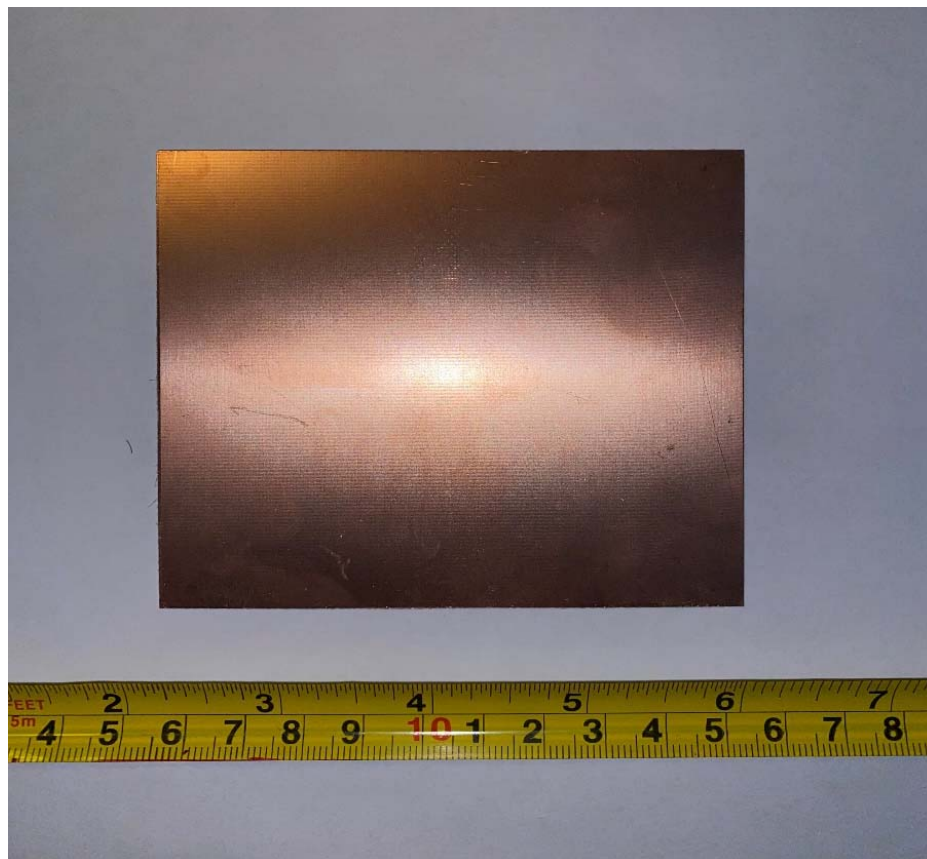


Рисунок 1. Фольгированный стеклотекстолит

На основе изучения имеющихся патентов можно пошагово описать каждый этап производства нагревательного элемента. Проектирование наиболее оптимальной конструкции подогревателя может быть выполнено с помощью компьютерного моделирования. Такой подход позволяет провести расчеты и симуляции различных вариантов конструкции, с целью выбора наиболее оптимального варианта [4]. При этом можно учитывать различные параметры, такие как теплопередачу, механическую прочность и электрические свойства.



Рисунок 2. Чешуйчатый графит

Производство подогревателей на основе композитных материалов обычно включает в себя несколько этапов:

**Подготовка материалов:** для изготовления подогревателей на основе композитных материалов, требуется фольгированный стеклотекстолит и чешуйчатый графит.

**Нанесение напыления:** на поверхность стеклотекстолита наносится слой чешуйчатого графита. Этот слой может быть нанесен различными способами, например, методом напыления или электрохимическим осаждением.

Обработка: после того как напыление было успешно нанесено, следует приступить к обработке. Если это необходимо, производится вырезание формы под нужный размер и форму.

Сборка: после обработки начинается сборка подогревателя. Как правило, сборка включает в себя соединение подогревателя с контактными элементами и установку крепежных элементов к месту установки нагревательного элемента.

Тестирование: наконец, подогреватель проходит тестирование на соответствие требованиям. Это может включать в себя проверку электрических характеристик, измерение температуры и другие параметры.

В результате всех этих этапов, мы получаем готовый подогреватель на основе композитных материалов, который обладает высокой устойчивостью к высоким температурам и хорошей электропроводностью [5].

На основе изложенного материала можно утверждать, что использование композитных материалов в конструкции подогревателей ДВС имеет много перспектив в будущем. Композитные материалы обладают высокой прочностью, жесткостью и легкостью, что делает их очень привлекательными для использования в автомобильной промышленности.

Кроме того, композитные материалы обладают хорошей коррозионной стойкостью и способностью к теплоизоляции, что делает их очень привлекательными для использования в условиях высоких температур и агрессивных сред.

Однако, необходимо также учитывать, что композитные материалы требуют более сложного производственного процесса и более высоких затрат на производство, чем традиционные материалы. Тем не менее, благодаря своим улучшенным свойствам, композитные материалы представляют собой перспективное направление для развития конструкции подогревателей ДВС в будущем.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gamaunov P., Gamaunov A., Balberov R., & Fomin S. (2022). Development of a method and tools for studying the efficiency of the engine pre-start heater. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 17(13), 1370–1374. Retrieved from [www.scopus.com](http://www.scopus.com).

2. Гамаюнов П.П., Балберов Р.В. Предпусковой подогрев двигателя с помощью современных технических средств / Международная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы организации автомобильных перевозок, безопасности движения и эксплуатации транспортных средств. 2019 г. – 7 с.

3. Yuanwang D., Huawei L., Xiaohuan Zh., Jiaqiang E., Jianmei Ch. / Effects of cold start control strategy on cold start performance of the diesel engine based on a comprehensive preheat diesel engine model / *Applied Energy* Volume 210, 15 January 2018, Pages 279–287.

4. Балберов Р.В. Теоретическое обоснование математической модели процесса подогрева моторного масла в поддоне картера двигателя внутреннего сгорания / *Научная жизнь*. 2022. Т. 17. № 4 (124). С. 585–591.

5. Гамаюнов П.П., Алексеев С.А., Балберов Р.В. Определение оптимальной температуры моторного масла, при которой возможен запуск двигателя с минимальным износом / *Научная жизнь*. 2022. Т. 17. № 3 (123). С. 425–430.

## СТАБИЛИЗАЦИЯ ТОПЛИВОПОДАЧИ ТРАКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ

*А.П. Иншаков, М.С. Курбакова, И.И. Курбаков, А.С. Иншакова*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Национальный исследовательский  
Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва»,  
г. Саранск, Республика Мордовия

**Аннотация:** в статье представлены исследования топливоподающих систем дизельных двигателей. Важным фактором, определяющим полноту и динамику процесса сгорания, является характеристика впрыска топлива. Формирование требуемой характеристики топливодачи тракторного двигателя в эксплуатации связано с необходимостью приведения в соответствие целого комплекса быстроизменяющихся параметров. Указано влияние характера изменения остаточного давления в топливной магистрали высокого давления на показатели топливодачи. Представлено устройство, позволяющее стабилизировать процессы в линии высокого давления.

**Ключевые слова:** дизель, топливоподающая аппаратура, стабилизация.

## STABILIZATION OF TRACTOR ENGINE FUEL SUPPLY

*A.P. Inshakov, M.S. Kurbakova, I.I. Kurbakov, A.S. Inshakova*

FSBEI HE «Mordoviya State University named after N. P. Ogarev»,  
Saransk, Mordovia

**Abstract:** the article presents studies of fuel supply systems of diesel engines. An important factor determining the completeness and dynamics of the combustion process is the characteristic of fuel injection. The formation of the required characteristics of the fuel supply of a tractor engine in operation is associated with the need to bring into compliance a whole complex of rapidly changing parameters. The influence of the nature of the change in the residual pressure in the high-pressure fuel line on the fuel supply indicators is indicated. A device is presented that allows to stabilize processes in a high-pressure line.

**Keywords:** diesel, fuel supply equipment, stabilization.

Одним из основных элементов, определяющих эффективность функционирования дизеля в условиях неустановившихся режимов, является топливоподающая аппаратура (ТПА). Условия работы топливной аппаратуры характеризуются непрерывным изменением входных воздействий и взаимным их влиянием на режим работы двигателя. Поэтому снижение влияния динамики входных воздействий на условия работы топливной аппаратуры является одним из резервов повышения эффективной эксплуатации двигателей мобильных энергетических средств.

Многочисленные исследования дизельных двигателей показали, что одним из основных показателей, определяющих полноту и динамику процесса сгорания, является характеристика впрыска топлива. Обеспечение необходимой характеристики топливоподачи связано тем, что необходимо обеспечить соответствие целого комплекса быстроизменяющихся параметров. Влияние остаточного давления в топливной магистрали высокого давления было рассмотрено в работах [1, 2, 3]. На основании этих исследований было разработано устройство, позволяющее стабилизировать процессы в линии высокого давления [4].

При установке насоса на двигателе, величина остаточного давления приближается к нулевой отметке (рис. 1), что существенно влияет на цикловую подачу и увеличение межциклового неравномерности.

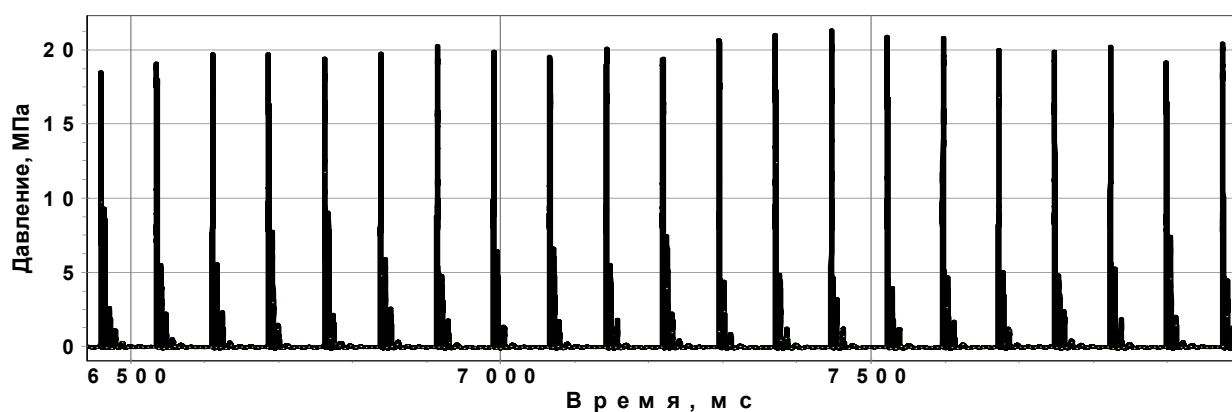


Рисунок 1. Изменение максимального давления при установке на двигателе

В этом случае повышение остаточного давления возможно лишь путем повышения давления впрыска, однако при повышении свыше 24 МПа начинает также возрастать межцикловая неравномерность. Это происходит по причине увеличения утечек и повышения их неравномерности, а также из-за нарушения гидродинамических процессов на линии высокого давления (ЛВД). Из этого следует, что необходимо обеспечить максимально стабильное остаточное давление при давлении впрыска 20–24 МПа.

Анализ работы разработанного стабилизатора впрыска позволил выявить некоторые возможные направления совершенствования данного устройства. В частности, для обеспечения возможности использования устройства на различных двигателях ранее требовалось изменение объема аккумулятора. В новой конструкции точная подстройка стабилизатора под различные типы двигателей и длину топливопроводов высокого давления производится винтом, расположенным в задней крышке аккумулятора (рис. 2).

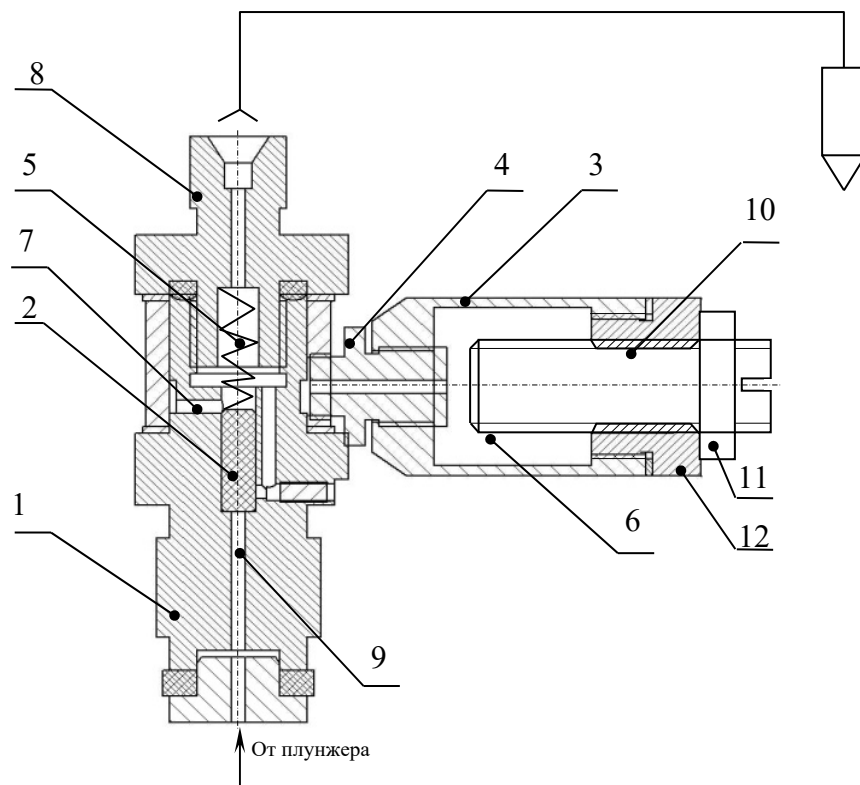


Рисунок 2. Нагнетательный клапан с аккумулятором:

- 1 – корпус; 2 – нагнетательный клапан; 3 – корпус аккумулятора;
- 4 – переходник аккумулятора; 5 – полость линии нагнетания;
- 6 – полость аккумулятора; 7 – канал аккумулятора; 8 – штуцер ЛВД;
- 9 – канал нагнетания; 10 – винт регулятора объема; 11 – контргайка;
- 12 – торцевая стенка

В момент нагнетания топлива полость аккумулятора 6 (см. рис. 2) разделена с линией нагнетания посредством цилиндрического нагнетательного клапана 2, который перекрывает канал 7. В момент отсечки топлива клапан 2 занимает нижнее положение, разъединяет надплунжерную полость и ЛВД, но объединяет ее с объемом аккумулятора. Увеличение объема ЛВД в момент между впрысками до 10–30 мм<sup>3</sup> позволяет более эффективно гасить колебания.

На рис. 3 представлена осциллограмма изменения давлений около насоса и форсунки при работе ТПА с установленным устройством.

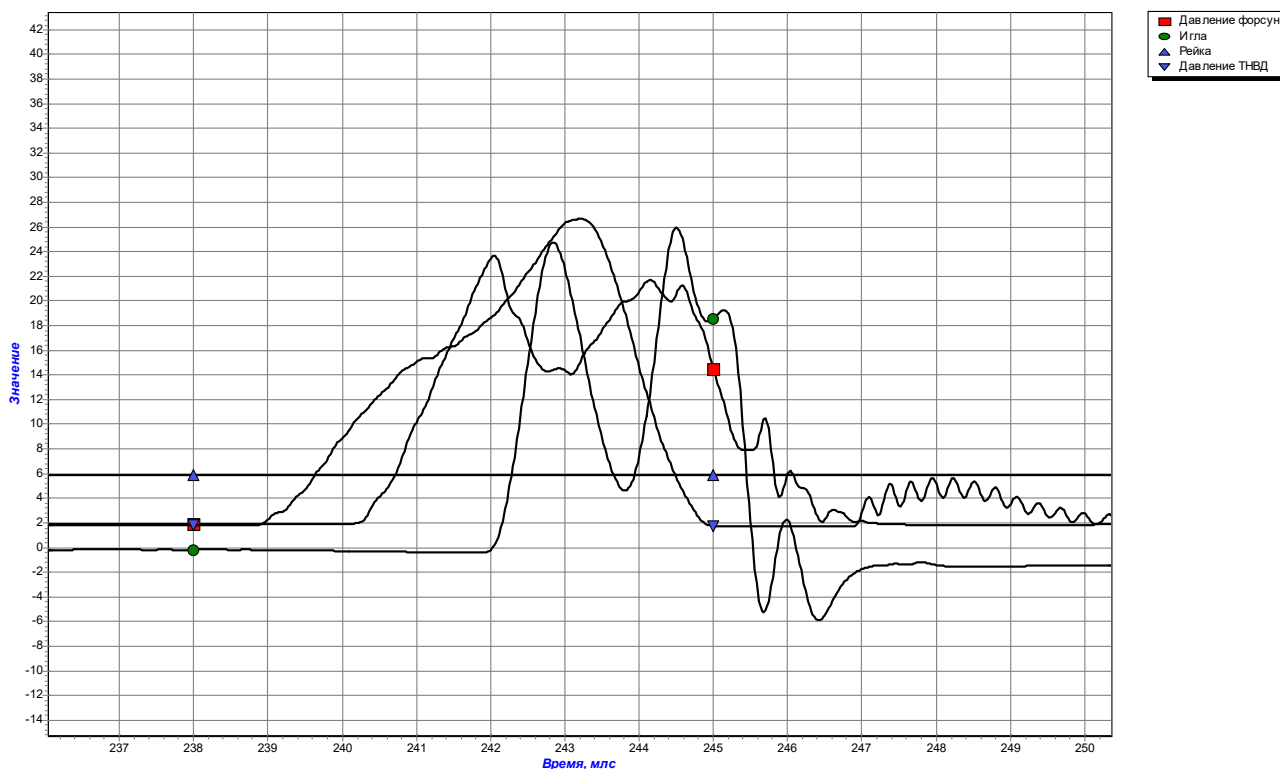


Рисунок 3. Осциллограмма работы ТПА

Остаточное давление стабилизируется на уровне 2 МПа практически в течение 10 мс, что обеспечивает одинаковые условия формирования давления для последующего цикла впрыска топлива. Это ведет к уменьшению межцикловой неравномерности и повышению средней величины цикловой подачи (рис. 4).

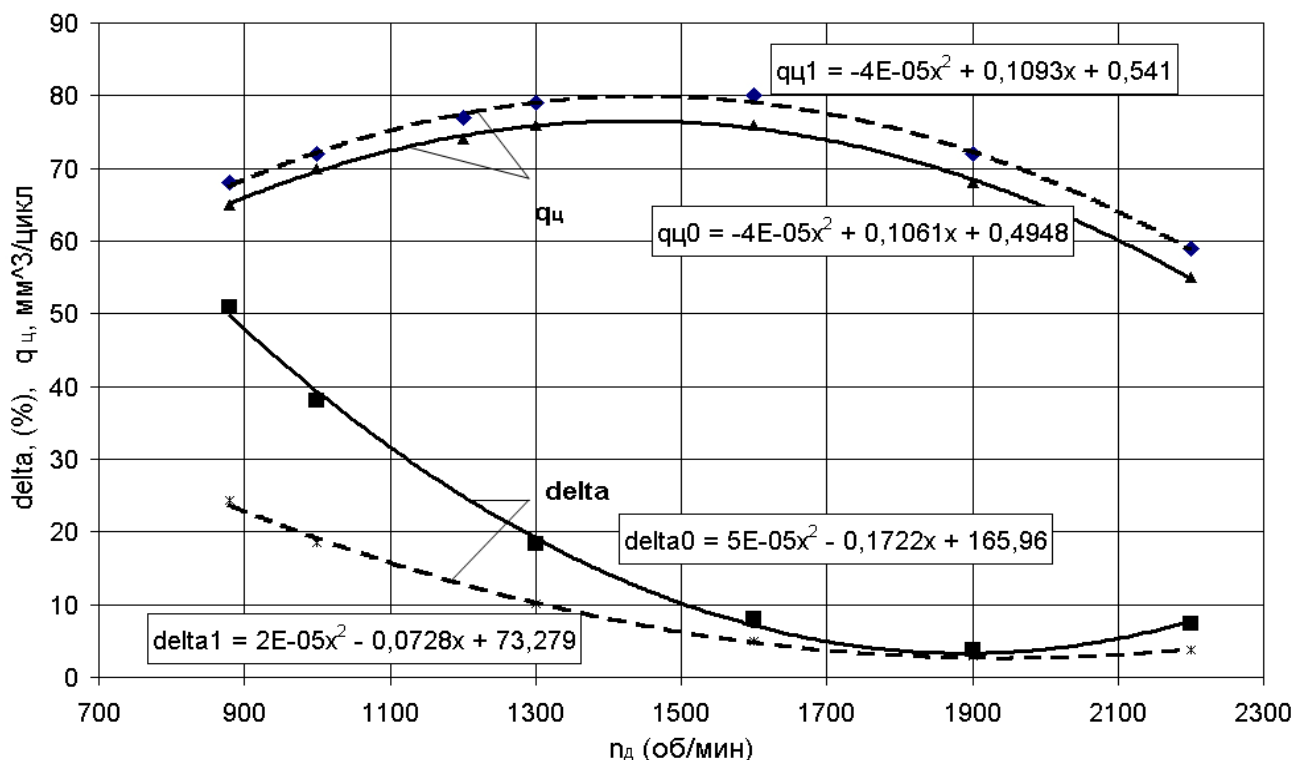


Рисунок 4. Изменение межциклового неравномерности

Испытания насоса, установленного на двигателе Д-240, на стенде КИ-5543 с использованием стабилизатора впрыска показали снижение эффективного расхода топлива на номинальном режиме до 3 %.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маластовский Н.С., Барченко Ф.Б., Грехов Л.В., Кулешов А.С., Денисов А.А., Старков Е.Е. Формирование требований к характеристике впрыскивания высокооборотного дизеля в целях снижения токсичности. Инженерный журнал: наука и инновации, 2017, вып. 3.
2. Файнлейб Б.Н. Топливная аппаратура автотракторных дизелей: Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1990. – 352 с.
3. Неговора А.В. Технологические приёмы обеспечения эксплуатационной надёжности топливоподающих систем автотракторных систем дизелей / С-Петербург: Изд-во С-ПбГАУ, 2003. – 212 с.
4. Иншаков А.П., Крючков С.В. Патент РФ RU 54636, МПК-7 F02M 59/46, опубл. 10.06.2006.

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ К ПРОГИБУ ШАТУННЫХ ТОНКОСТЕННЫХ ВКЛАДЫШЕЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

*Р.Ф. Калимуллин*

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, Россия

*А.Т. Кулаков, Д.И. Нуретдинов, И.М. Щигарцов, А.А. Гафиятуллин*

Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ ВО КФУ,

г. Набережные Челны, Республика Татарстан

*О.А. Кулаков*

Некоммерческое партнерство «КАМАЗ-Автоспорт»,

г. Набережные Челны, Республика Татарстан

**Аннотация:** недостаточная работоспособность шатунных вкладышей двигателей внутреннего сгорания (ДВС) является основной причиной их аварийного износа и разрушения кривошипно-шатунного механизма. Как следует из опыта эксплуатации двигателей, процесс прогрессирующего износа вкладышей начинается с нарастающего во времени прогиба посередине образующей и снижении проектного зазора в сопряжении «шейка коленчатого вала – рабочая поверхность вкладыша» до значений ниже критических. Работа сопряжения переходит в режим граничного трения с интенсивным изнашиванием вкладыша, задиром рабочей поверхности с проворотом в расточке шатуна. Проводимые до настоящего времени исследования позволяют оценить динамику развития этого процесса, но информации для определения напряженного состояния вкладыша в зоне развития прогиба и причин накопления деформации во времени недостаточно. В проведенном исследовании предлагается новая концепция по определению нагрузок и физических процессов, приводящих к критическим деформациям вкладышей. На основании анализа напряженного состояния вкладышей разработаны предложения по снижению их прогибов до значений ниже критических.

**Ключевые слова:** двигатель внутреннего сгорания, шатунный вкладыш, напряжение, деформация, прогиб, устойчивость.

# PROVIDING RESISTANCE TO DEFLECTION OF CONNECTING ROD THIN-WALLED INSERTS OF AUTOMOBILE ENGINES

*R.F. Kalimullin*

Orenburg State University, Orenburg, Russia

*A.T. Kulakov, D.I. Nuretdinov, I.M. Shchigartsov, A.A. Gafiatullin*

Naberezhnye Chelny Institute (branch) of FGAOU IN KFU,

Naberezhnye Chelny, Tatarstan

*O.A. Kulakov*

Non-profit partnership "KAMAZ-Motorsport",

Naberezhnye Chelny, Tatarstan

**Abstract:** insufficient operability of connecting rod inserts of internal combustion engines (ICE) is the main reason for their emergency wear and destruction of the crank mechanism. As follows from the experience of engine operation, the process of progressive wear of the liners begins with a time-increasing deflection in the middle of the generatrix and a decrease in the design gap in the coupling "crankshaft neck - the working surface of the liner" to values below critical. The coupling operation goes into the mode of boundary friction with intensive wear of the liner, a bulge of the working surface with a twist in the connecting rod bore. The studies carried out so far allow us to assess the dynamics of the development of this process, but there is not enough information to determine the stress state of the liner in the zone of deflection development and the causes of deformation accumulation over time. The study suggests a new concept for determining the loads and physical processes that lead to critical deformations of the inserts. Based on the analysis of the stress state of the inserts, proposals have been developed to reduce their deflections to values below critical.

**Keywords:** internal combustion engine, connecting rod liner, stress, deformation, deflection, stability.

Основным направлением повышения эффективных показателей современных ДВС является их форсирование, что приводит к повышению среднего давления цикла в целом и средних и максимальных суммарных сил на все детали кривошипно-шатунного механизма в начальной фазе рабочего хода.



При этом наибольшим удельным нагрузкам подвержено сопряжение «шатунная шейка коленчатого вала–рабочая поверхность вкладыша», что приводит к нарушению условий смазки и перегреву, вследствие чего интенсивность изнашивания увеличивается в 3–4 раза [1].

Средняя наработка двигателя до предупредительного ремонта определяется необходимостью замены вкладышей, а при их провороте требуется капитальный ремонт. Износ шатунных вкладышей не только лимитирует ресурс двигателя, но и снижает надежность отремонтированного вследствие нарушения формы и взаимного расположения поверхностей деталей в процессах разборки–сборки.

В результате экспериментальных и теоретических исследований, а также опыта эксплуатации дизельных двигателей [2, 3, 4, 5], изучен процесс развития аварийного износа рабочей поверхности вкладыша и его разрушения. На первой стадии этого процесса в наиболее нагруженной зоне (совпадающей с осью цилиндра двигателя) посередине образующей вкладыша появляются натир. При дальнейшей работе двигателя в зоне натиров образуются прижоги с прогибом в сторону шейки вала, снижением проектного зазора в сопряжении «вал- вкладыш» и нарушением процесса смазки. В этих условиях происходит увеличение стрелы прогиба с последующим задиром, заеданием рабочей поверхности и проворот вкладыша в расточке шатуна, часто с местным перегревом шейки вала и его деформацией (рис. 1).

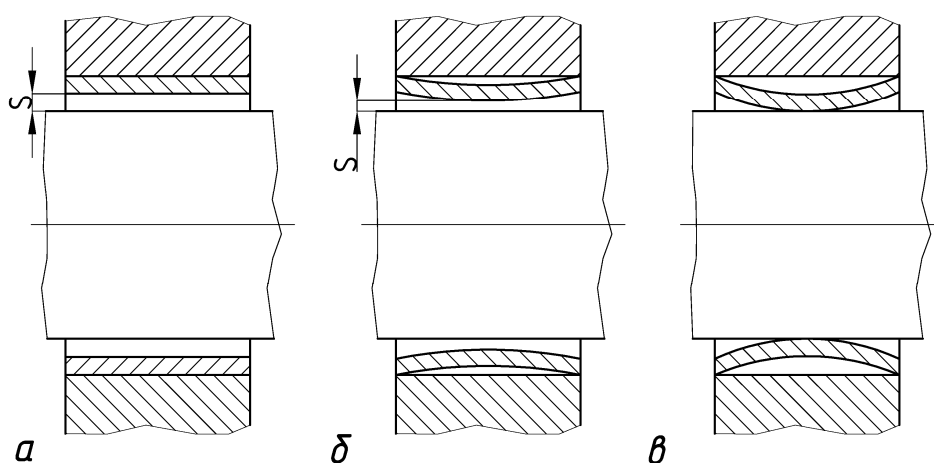


Рисунок 1. Схема развития деформации шатунного вкладыша (S – зазор в сопряжении): а) вкладыш в нормальном состоянии; б) начальная стадия деформации (снижение зазора); в) последняя стадия деформации (зазор отсутствует)

Такое развитие деформации вкладышей можно считать достоверным, что подтверждается рядом исследователей [2, 3], однако комплексное действие внешних и внутренних сил, а также физических процессов во вкладыше при работе двигателя не исследовано. Проблема недопустимых прогибов вкладышей остается не решенной, что ограничивает возможность форсирования двигателей. Таким образом, исследования, направленные на уточнение и развитие представлений о физических процессах, приводящих к критическим деформациям шатунных вкладышей ДВС с целью их исключения в эксплуатации, являются актуальными.

В исследованиях специалистов Коломенского тепловозостроительного завода [4] определены основные силы и физические процессы, создающие напряженное состояние вкладыша. Аналогичные исследования проведены в работах [5, 6, 7], однако, в связи с форсированием двигателей, предлагаемых конструктивных и технологических решений для стабилизации геометрического состояния вкладышей недостаточно. Вероятно, это является следствием того, что при анализе прогиба вкладышей по образующей не учитывается ряд существенных факторов.

В исследовании [4] определено напряженное состояние вкладыша в одном окружном (тангенциальном) направлении от основных видов нагрузок и физических процессов, действующих одновременно:

- монтажных напряжений;
- тепловых напряжений;
- напряжений в бронзовом слое от разницы коэффициентов линейного расширения при нагреве вкладыша в процессе работы двигателя;
- процессов релаксации;
- остаточных напряжений в окружном направлении, возникающих в бронзе при монтаже вкладыша в расточку шатуна;
- процессов теплообмена вкладыша с постелью.

Аналогичные схемы с различными вариантами сочетаний перечисленных факторов рассматриваются и другими специалистами.

Рассматриваемая система сил и физических факторов позволяет оценить напряженное состояние и деформации в одном тангенциальном направлении, а критические деформации развиваются под прямым углом, по образующей цилиндра, следовательно, система сил в зоне прогиба создает плоское (двухосное) напряженное состояние. Вкладыш теряет устойчивость по образующей под действием нагрузок, величина и природа которых в расчетных схемах не учитывается. Соответственно не исследуется и плоское (двухосное) напряженное состояние, и с учетом активных радиальных нагрузок со стороны шатуна или инерционных сил, деформация и напряжения во вкладыше формируются в условиях объемных (трехосных) напряжений, что также может оказывать существенное влияние на их распределение по сечению.

При анализе напряженного состояния вкладышей необходимо учитывать все факторы и нагрузки, влияющие на их работоспособность, в том числе остаточные технологические напряжения, формирующиеся в процессе изготовления биметаллической ленты, и ползучесть металлов под нагрузкой.

В работе [4] рассматриваются напряжения, возникающие от разницы коэффициентов линейного расширения бронзы и стали при нагреве вкладыша в процессе работы двигателя и остаточные напряжения в бронзе при монтаже в постель. Но во всех опубликованных работах не исследован процесс образования остаточных напряжений при изготовлении биметаллической ленты и их распределение по сечению и величина.

Наилучшим сочетанием всех требуемых характеристик подшипникового узла обладает триметаллический вкладыш на основе свинцовистой бронзы.

Конструкция триметаллического вкладыша представлена на рисунке 2, а.

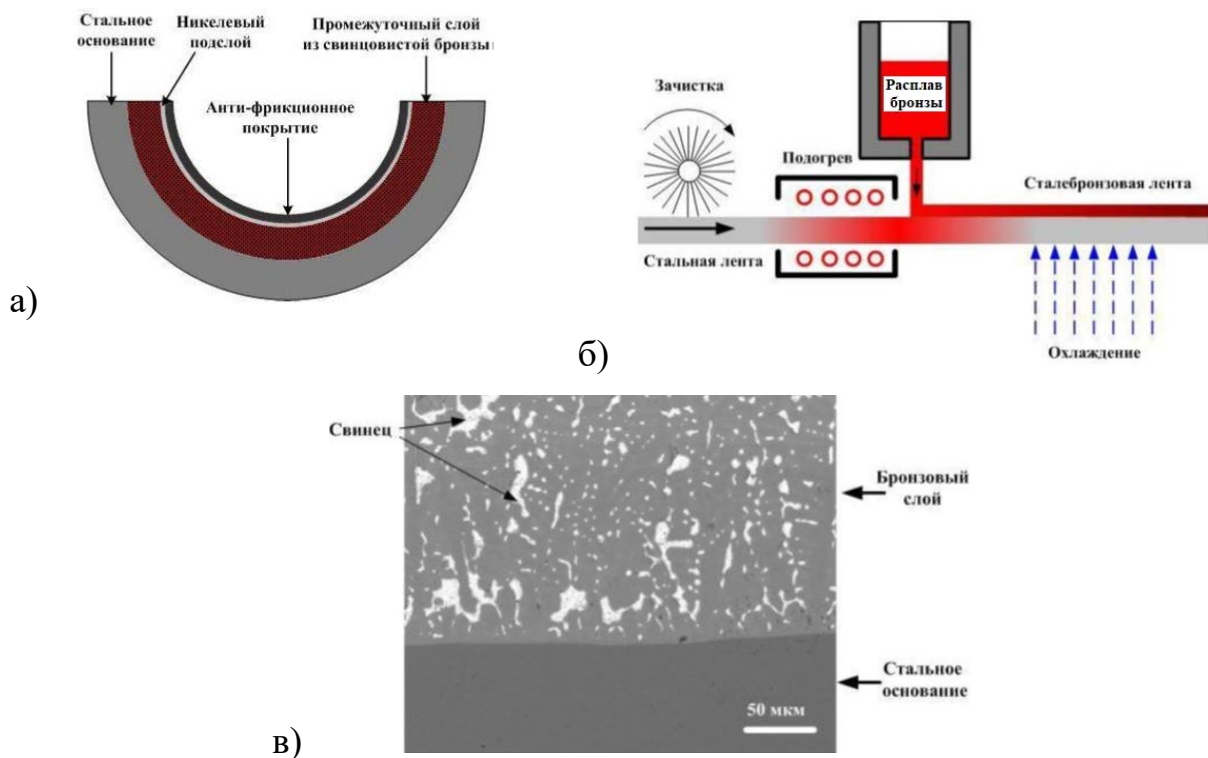


Рисунок 2. Технология производства вкладышей коленчатого вала: а) схема конструкции триметаллического вкладыша; б) схема процесса производства литой сталебронзовой ленты; в) микроструктура литой сталебронзовой ленты

Стальное основание обеспечивает жесткость, натяг и плотное прилегание вкладыша к поверхности постели, сохраняющиеся при повышенных температурах и под воздействием радиальных и тангенциальных сил.

Промежуточный слой служит подложкой для антифрикционного покрытия. Промежуточный слой, как правило, изготавливается из свинцовой бронзы и должен обладать антифрикционными свойствами, необходимыми для предотвращения задира в местах локального износа антифрикционного покрытия. В то же время промежуточный слой должен быть достаточно прочным, чтобы выдерживать циклические нагрузки без риска образования усталостных трещин. Свинец, благодаря своим высоким антифрикционным свойствам, является неотъемлемым компонентом бронз, используемых для формирования промежуточного слоя. Содержание свинца в бронзе может достигать до 25 %.

Никелевый подслои толщиной 1–2 микрона наносится на поверхность промежуточного слоя непосредственно перед нанесением антифрикционного

покрытия. Подслой никеля служит барьером, предотвращающим диффузию олова из материала покрытия в бронзу промежуточного слоя.

Антифрикционное покрытие обеспечивает антифрикционные свойства: низкий коэффициент трения, задиростойкость, прирабатываемость и способность поглощать твердые включения в масле. Как правило, антифрикционные покрытия производятся из свинцовистого сплава, легированного оловом и медью. Олово защищает свинцовистый сплав от коррозии в окисленном масле. Медь повышает прочность и износостойкость покрытия.

Изготовление вкладышей подшипников скольжения на примере Димитровградского завода вкладышей (ДЗВ) включает процесс непрерывного нанесения антифрикционного сплава на стальную ленту, разрезку полученной биметаллической полосы на плоские заготовки – «карточки», штамповку из них биметаллических заготовок вкладышей и дальнейшую чистовую механическую обработку.

Характеристики и особенности сталебронзовой ленты в решающей мере определяют прочность и антифрикционные свойства вкладышей, из нее изготовленных. В ДЗВ сталебронзовая лента производится по технологии непрерывного литья, схематично изображенной на рисунок 2, б.

В этом процессе стальная полоса вначале обезжиривается и зачищается абразивной лентой. После зачистки полоса подогревается в восстановительной атмосфере и входит в зону литья, где бронзовый расплав через специальный питатель поступает на зачищенную поверхность стали. В зоне охлаждения тепло расплава отводится вертикально вниз через стальную полосу.

Направление теплоотвода и его интенсивность исключительно важны для формирования требуемой столбчатой структуры бронзы с кристаллитами перпендикулярными поверхности раздела сталь-бронза.

Фотография типичной микроструктуры литой сталебронзовой ленты представлена на рисунке 2, в.

Поверхность раздела сталь-бронза не имеет дефектов и не содержит свинцовых включений, что гарантирует прочную адгезию слоев стали и бронзы.

При применяемой в настоящее время технологии после заливки бронзы на сталь формируется двухосное напряженное состояние растяжения в бронзовом слое и сжатие в прилегающей стальной основе (верхняя зона), средняя зона стальной основы также сжата (рис. 3).

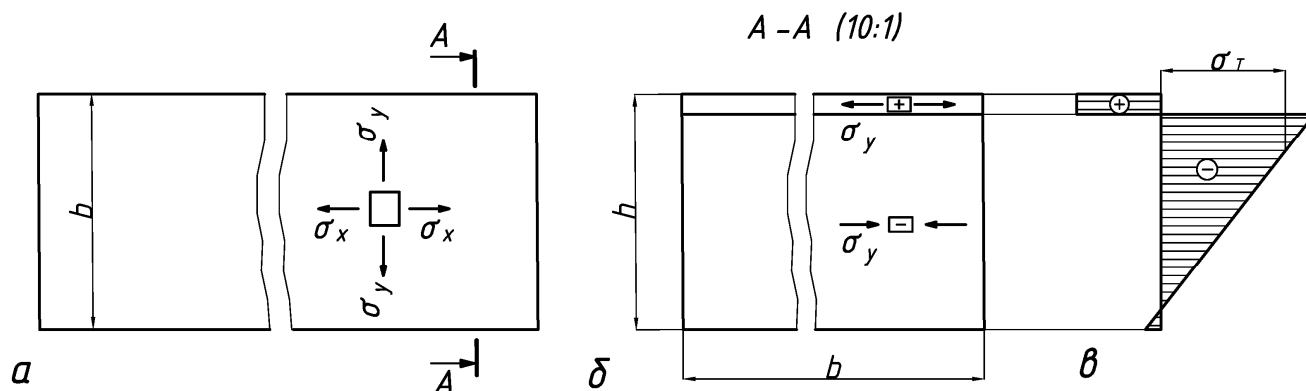


Рисунок 3. Распределение главных остаточных напряжений в заготовке вкладыша: а, б – направления главных напряжений в растянутых (сжатых) зонах; в – ожидаемое распределение остаточных напряжений по толщине заготовки вкладыша

Высокие остаточные напряжения сжатия  $\sigma_y$  и  $\sigma_x$  по образующей вкладыша и в тангенциальном направлении, их релаксация и ползучесть материалов в условиях вибрационных нагрузок при повышенной температуре могут быть основными факторами провоцирующими развитие прогиба во времени путем ползучести материала поверхности стальной основы в свободном от заделки направлении по образующей, в то время как в окружном направлении возникают и добавляются большие напряжения сжатия при монтаже в шатун.

Поскольку методика расчета остаточных напряжений, при существующей технологии изготовления биметаллической ленты не разработана, плоское

напряженное состояние вкладыша, на настоящем этапе исследований можно оценить только качественно.

Величина остаточных напряжений  $\sigma_y$  остальной основы в направлении по образующей может быть больше предела текучести бронзы и зависит от технологических режимов, толщины остальной полосы, и слоя бронзы, удаляемого при механической обработке рабочей поверхности вкладыша.

Форма и характер деформации в наиболее нагруженной зоне вкладыша соответствует развитию прогиба в результате потери устойчивости пластины от внецентренного сжатия распределенной нагрузкой, не совпадающей центральной осью сечения или совпадающей с центральной осью сечения.

Напряжение от изгибающего момента при внецентренном сжатии определяется по формуле

$$\sigma_y = M/W_x, \quad (1)$$

где  $M$  – изгибающий момент;  $W_x$  – момент сопротивления относительно оси  $x$ .

Для прямоугольника

$$W_x = bh^2/6, \quad (2)$$

$$\sigma_y = 6M/bh^2, \quad (3)$$

где  $h$  – толщина пластины;  $b$  – ширина пластины.

Максимальное напряжение от внецентренного сжатия (растяжения) обратно пропорционально квадрату толщины пластины, следовательно, для снижения напряжений от изгибающего момента и деформаций необходимо увеличить толщину стальной основы биметаллической ленты.

Например, при увеличении толщины ленты вкладыша двигателя модели КАМАЗ-740 с 2,5 мм до 3 мм, соотношение напряжений составит

$$\frac{6Mb}{6Mb} \cdot \frac{3^2}{2,5^2} = \frac{3^2}{2,5^2} = \frac{9}{6,25} = 1,44. \quad (4)$$

Напряжение в пластине толщиной 2,5 мм в 1,44 раза больше, чем толщиной 3 мм.

Соотношение максимальных прогибов от распределенной нагрузки при изменении толщины ленты с  $h'$  до  $h''$  и равных прочих условиях определяется из уравнения [8]:

$$v_{max} = \frac{5ql^4}{384EJ}, \quad (5)$$

где  $v_{max}$  – максимальный прогиб;  $h'$  – толщина проектного вкладыша;  $h''$  – принятая толщина вкладыша;  $q$  – распределенная нагрузка;  $l$  – длина пластины;  $E$  – модуль упругости;  $J$  – момент инерции сечения пластины.

Момент инерции прямоугольного сечения

$$J = \frac{bh^3}{12}, \quad (6)$$

Следовательно,

$$v_{max} = \frac{5ql^4}{384EJ} \cdot \frac{12}{bh^3}. \quad (7)$$

Величина максимального прогиба пластины обратно пропорциональна толщине в третьей степени.

При изменении толщины пластины с  $h'$  до  $h''$  величина прогиба изменится с  $v_{max}'$  до  $v_{max}''$ , а соотношение прогибов определяется уравнениями

$$\frac{v_{max}'}{v_{max}''} = \frac{59l^4}{384Eb(h')^3} / \frac{59l^4}{384Eb(h'')^3} = \frac{59l^4 \cdot 12Eb \cdot 384(h'')^3}{384Eb(h'')^3 \cdot 59l^4 \cdot 12} \quad (8)$$

$$\frac{v_{max}'}{v_{max}''} = \frac{(h'')^3}{(h')^3}. \quad (9)$$

Соотношение максимальных прогибов от распределенной нагрузки при толщине пластин 2,5 мм и 3 мм составит:

$$\frac{v_{max}'}{v_{max}''} = \frac{3^3}{2,5^3} = \frac{27}{15,625} = 1,73.$$

Таким образом, при увеличении толщины пластины в 1,2 раза напряжения снижаются в 1,44 раза, а прогиб в 1,73 раза.

В случае центрального сжатия (совпадении вектора нагрузки с осью сечения) критическая сила, при которой пластина теряет устойчивость, определяется по формуле:

$$F_{cr} = \pi^2 EJ / l^2, \quad (10)$$

где  $F_{cr}$  – критическая сила;  $E$  – модуль упругости;  $J$  – момент инерции сечения;  $l$  – длина пластины.



Принимая для прямоугольного сечения значение  $J$  по формуле (6), получим

$$F_{cr} = \pi^2 EJ \frac{bh^3}{12l^2}, \quad (11)$$

Соотношение критических сил  $F_{cr}''$  и  $F_{cr}'$  при различной толщине пластины  $h'$ ,  $h''$  и равных прочих условиях определяется по уравнению

$$\frac{F_{cr}''}{F_{cr}'} = \frac{\pi^2 Eb (h'')^3 \cdot 12l^2}{12l^2 \cdot \pi^2 Eb (h')^3} = \frac{(h'')^3}{(h')^3}, \quad (12)$$

$$F_{cr}'' = F_{cr}' \left( \frac{h''}{h'} \right)^3. \quad (13)$$

где  $F_{cr}''$  – критическая сила пластины толщиной  $h''$ ;  $F_{cr}'$  – критическая сила пластины толщиной  $h'$ .

При увеличении толщины вкладыша двигателя модели КАМАЗ-740 с 2,5 мм до 3 мм критическая сила, совпадающая с осью сечения

$$F_{cr}'' = F_{cr}' \left( \frac{3}{2,5} \right)^3 = 1,2^3 = 1,73.$$

При увеличении толщины вкладыша на 0,5 мм устойчивость повышается в 1,73 раза.

1. Потеря устойчивости вкладыша, приводящая к формоизменению и дальнейшим негативным процессам и явлениям, происходит от действия внутренних напряжений в стальной основе путем перераспределения напряжений сжатия за пределом текучести в окружном тангенциальном направлении перемещения материала в направлении по образующей.

2. Для повышения устойчивости и минимизации формоизменений и величины прогиба шатунных вкладышей двигателя модели КАМАЗ-740 необходимо:

- снизить остаточные технологические напряжения, возникающие в процессе изготовления биметаллической ленты, путем совершенствования технологии ее изготовления;

- увеличить толщину стальной основы на 20–25 %;

- разработать методику количественной оценки разницы напряженного состояния вкладыша при монтаже в расточку шатуна или на шейку коленвала;

- провести экспериментальные исследования для проверки эффективности принимаемых технологических и конструктивных решений по снижению напряженного состояния стальной основы шатунных вкладышей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Денисов А.С., Кулаков А.Т. Анализ причин эксплуатационных разрушений шатунных вкладышей двигателей КамАЗ-740 // Двигателестроение. – 1981. – №9. – С. 37–40.
2. Григорьев М.А. Обеспечение надежности двигателей / М.А. Григорьев, В.А. Долецкий. – М.: Изд-во стандартов, 1978. – 324 с.
3. Кулаков А.Т. Разработка способа диагностирования шатунных подшипников двигателей и практических рекомендаций для снижения их отказов в процессе эксплуатации (на примере КамАЗ-740) / Дис. канд. техн. наук. Саратов, 1986. – 173 с.
4. Быков В.Г., Салтыков М.А., Горбунов М.Н. Причины необратимых формоизменений тонкостенных вкладышей и пути повышения надежности подшипников высоконагруженных дизелей // Двигателестроение. – 1980. – №6. – С. 54–57.
5. Антропов Б.С., Яновский М.А., Нестеров Д.А. Повышение работоспособности подшипников коленчатого вала // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2007. – №12. – С. 35–36.
6. Быков В.Г., Салтыков М.А., Горбунов М.Н. Новый способ обеспечения стабильности геометрических параметров вкладышей для высоконагруженных подшипников дизелей // Двигателестроение. – 1985. – № 8. – С. 32–35, 48.
7. Патент на изобретение №2691259. Российская Федерация. Способ определения зазора в шатунном подшипнике коленчатого вала при испытании и диагностике двигателя внутреннего сгорания автомобилей, транспортных и транспортно-технологических машин / Макушин А.А., Кулаков А.Т., Кулаков О.А., Илюхин А.Н. // Бюллетень изобретений №17 от 11.06.2019 года.
8. Степин П.А. Сопротивление материалов / учебник для спец. вузов. 8-е издание. – М.: Высшая школа, 1988. – 367 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ РАСЧЕТА ВНЕШНЕЙ СКОРОСТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВС

*С.И. Насонов, Н.В. Хольшев, М.А. Букина, В.Ю. Глазков*

Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов, Россия

**Аннотация:** приведено описание и основные возможности компьютерного приложения для расчета и построения внешней скоростной характеристики двигателя внутреннего сгорания транспортного средства. Алгоритм расчета соответствует общеизвестным методикам. Описанное приложение позволяет повысить скорость и точность расчетов, что положительно скажется на эффективности теоретических исследований.

**Ключевые слова:** двигатель внутреннего сгорания, внешняя скоростная характеристика двигателя, компьютерное приложение.

## APPLICATION FOR CALCULATING THE EXTERNAL SPEED CHARACTERISTICS OF THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE

*S.I. Nasonov, N.V. Kholshhev, M.A. Bukina, V.Yu. Glazkov*

Tambov State Technical University, Tambov, Russia

**Abstract:** the description and main features of a computer application for calculating and constructing the external speed characteristics of an internal combustion engine of a vehicle are given. The calculation algorithm corresponds to well-known methods. The described application allows you to increase the speed and accuracy of calculations, which will positively affect the effectiveness of theoretical research.

**Keywords:** internal combustion engine, external speed characteristics of the engine, computer application.

Не смотря на тенденцию по переходу с двигателей внутреннего сгорания на электродвигатели, задачи совершенствования конструкции существующих ДВС и проектирования новых остаются актуальными. Важной характеристикой любого двигателя является внешняя скоростная характеристика. Наиболее точные ее значения можно получить экспериментальным путем, но на первых этапах необходимы теоретические значения. Их расчет, чаще всего, ведется по общеизвестным методикам, в составе которых положены выражения предложенные С.Р. Лейдерманом [1–6]. Данные методики являются трудоемкими для расчета, что снижает оперативность и точность расчетов при корректировке исходных данных.

Для облегчения расчета и построения внешней скоростной характеристики двигателя была разработана программа «Приложение для расчета и построения внешней скоростной характеристики двигателя транспортного средства», разработанная в среде программирования "Lazarus 2.0" [2], которую в дальнейшем планируется использовать за основу для разработки приложения для тягово-экономического и топливного расчета автомобиля. Скриншот главного окна приведен с выполненным расчетом приведен на рисунке 1. Программа предусматривает ввод исходных данных, включающих максимальную скорость развиваемую автомобилем, км/ч, КПД трансмиссии, коэффициент аэродинамического сопротивления, плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>; коэффициент сопротивления качению, габаритную высоту ТС, м; наибольшую колею ТС, м; коэффициент заполнения площади лобового сечения ТС; общее количество перевозимых человек; массу перевозимого груза, кг; массу одного пассажира, кг; собственную массу ТС, кг; коэффициент оборотности двигателя; удельный расход топлива, г/кВт; параметра лямбда, а также предусмотрен выбор типа двигателя.

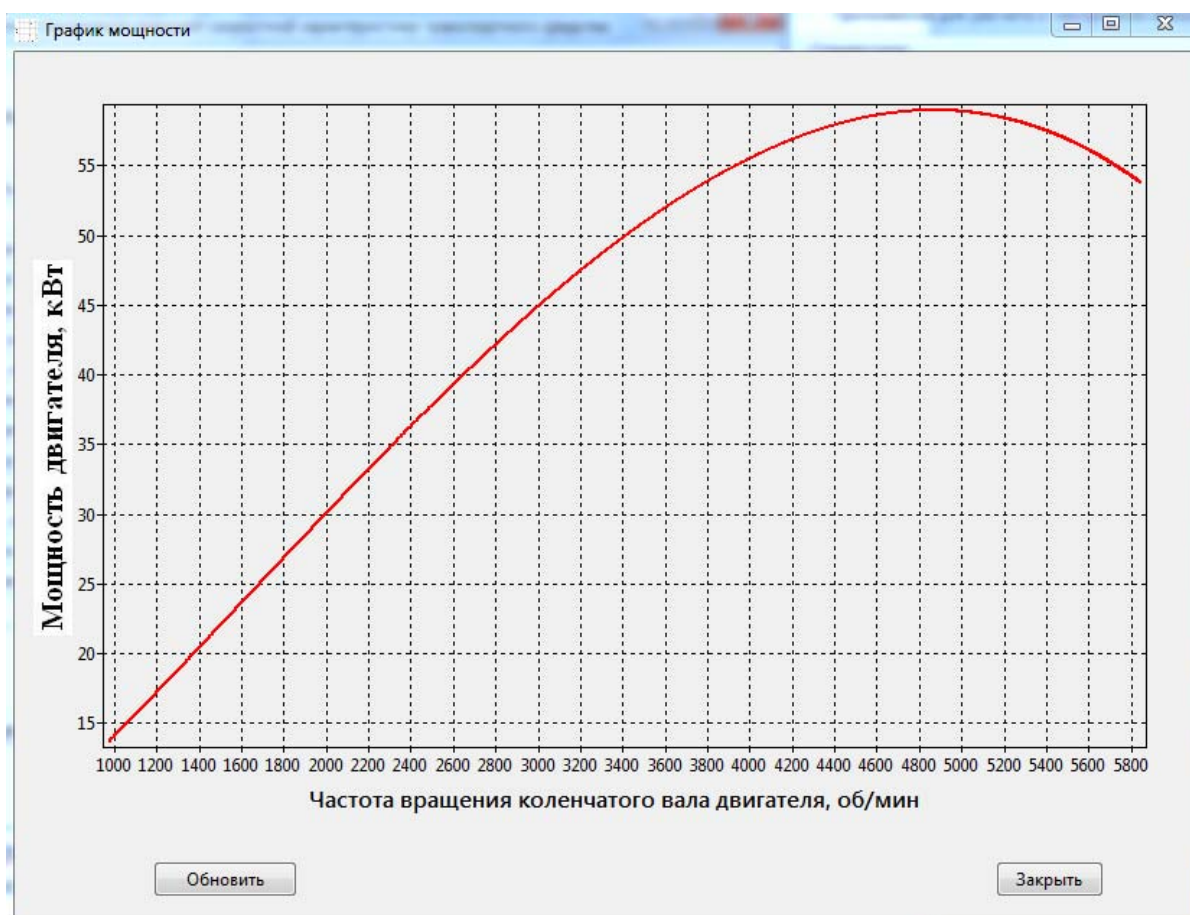


Рисунок 1. Скриншот главного окна приложения для расчета и построения внешней скоростной характеристики двигателя транспортного средства

В приложении предусмотрен набор справочных данных по некоторым автомобилям, вызываемый через пункт меню «Справочник» – «Некоторые характеристики ТС». Также предусмотрена возможность просмотра справочных данных по некоторым параметрам расчета путем нажатия на знак «?» рядом с параметром. После заполнения данных нажимается кнопка «Расчет» и производится расчет данных необходимых для построения внешней скоростной характеристики двигателя, включающей зависимости крутящего момента, мощности, удельного расхода топлива и часового расхода топлива от текущего значения частоты вращения коленчатого вала. После этого на главном окне программы появляются дополнительные кнопки. Нажимая на соответствующую кнопку рабочего окна, можно получить доступ к просмотру необходимых параметров. Предусмотрена возможность сравнения расчетных параметров с параметрами прототипа. Ряд характеристик прототипов приведен в самой программе. На рисунке 2 приведен пример рабочего окна приложения «График мощности». Расчет производился по характеристикам автомобиля ВАЗ-2107 с карбюраторным двигателем ВАЗ-2103.

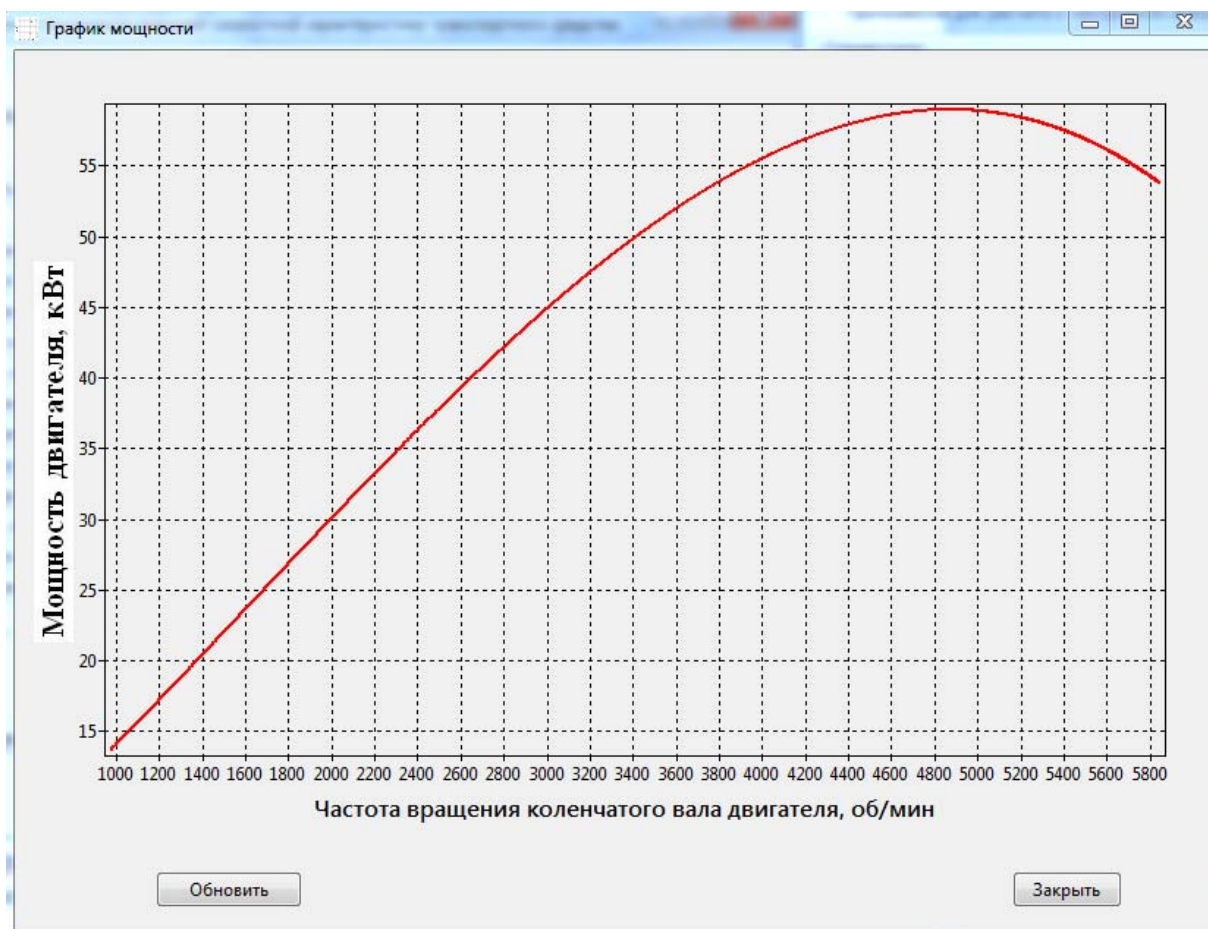


Рисунок 2. Скриншот рабочего окна приложения «График мощности»

Из рисунка 2, видно, что расчетная мощность составляет 58,98 кВт, что 11,63 % больше фактического значения для двигателя автомобиля ВАЗ-2107 – 52,5 кВт [8]. Результаты сравнения остальных параметров приведены на рисунке 3.

Параметр	Данные прототипа ТС	Расчетные данные	Абсолютное отклонение	Относительное отклонение, %
Марка прототипа	ВАЗ-2107			
Полный вес ТС, Н	14028.30	14175.45	-147.150	-1.04
Максимальная мощность двигателя, кВт	52.5	70.91	-18.410	-29.84
Частота вращения коленчатого вала при максимальной мощности, об/мин	5600	5217.000	383.000	7.08
Максимальный крутящий момент двигателя, Н·м	103.9	162.25	-58.350	-43.85
Частота вращения коленчатого вала при максимальном крутящем моменте, об/мин	3400	2563.00	837.000	28.07

Рисунок 3. Скриншот рабочего окна приложения «Отклонение расчетных данных от прототипа»

Данные ошибки получены из-за несовершенства методики расчета, применения усредненных коэффициентов, но за счет предлагаемого приложения возможна оперативная корректировка результатов расчета.

Продолжительность теоретических исследований сильно влияет на их актуальность. Большинство методик расчета являются трудоемкими и требуют применения информационных технологий, облегчающих расчеты [9]. Разработанное приложение показало свою эффективность и работоспособность и может быть полезно при выполнении как научных исследований, так и при выполнении расчетов в рамках учебных дисциплин.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гришкевич А.И. Автомобили: Теория [Текст] / А.И. Гришкевич. – Мн., Вышш. шк., 1986. – 208 с.

2. Мобильные энергетические средства (Часть 2. Расчет тягово-динамических показателей автомобиля): методическое пособие [Текст] / Ю.Т. Чекемес, В.С. Курасов, В.В. Драгуленко. – КГАУ. Краснодар, 2010. – 34 с.

3. Определение тягово-скоростных и топливно-экономических качеств автомобиля: Методические указания [Текст]/ А.П. Парфенов, Ю.А. Феофанов. – М.: МГТУ «МАМИ», 2011. – 44 с.

4. Селифонов В.В. Теория автомобиля: учебное пособие. [Текст] / В.В. Селифонов, А.Ш. Хусаинов, В.В. Ломакин – М.: МГТУ «МАМИ», 2007. – 102 с.

5. Хольшев Н.В. Расчёт тягово-динамических и топливно-экономических показателей автомобиля [Электронный ресурс] : методические указания / Н.В. Хольшев, Д.Н. Коновалов. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. – Загл. с экрана.

6. Чернышев В.А. Тягово-динамический и топливно-экономический расчет автомобиля: Методические рекомендации по выполнению курсовой работы [Текст]/ В.А. Чернышев. – М.: МГАУ, 2002. – 39 с.

7. Программа для ЭВМ RU2020614136. Приложение для расчета и построения внешней скоростной характеристики двигателя транспортного средства [Текст] / Н.В. Хольшев, С.М. Ведищев, А.В. Прохоров, Ю.Е. Глазков; заявитель и патентообладатель: Тамбовский гос. техн. университет. – № 2020613252; заявл. 20.03.2020; опубл. 26.03.2020, Бюл. №4. – 1 с.

8. Технические характеристики автомобиля Лада Ваз-2107 [Электронный ресурс]: <http://car-exotic.com/vaz-cars/vaz-lada-2107-characteristics.html> (дата обращения).

9. Глазков Ю.Е. Интенсификация работы автотранспортных предприятий на основе использования информационных технологий [Текст] / Ю.Е. Глазков, Т.И. Андреева // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции 2014 г., № 3 ч. 1 (8–1). – Воронеж: ФГБОУ ВПО «ВГЛТА», 2014. – С. 260–267.

УДК 621.436

**РЕЗУЛЬТАТЫ ОПТИМИЗАЦИИ КОНТАКТНО-СИЛОВОГО  
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДЕТАЛЕЙ ЦПГ С УЧЕТОМ РЕАЛЬНЫХ  
ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГИЛЬЗЫ ЦИЛИНДРА**

*Д.А. Никитин*

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

*А.А. Гафиятуллин, С.В. Снарский*

ПАО КАМАЗ, г. Набережные Челны, Республика Татарстан

*А.Р. Асоян*

Московский автомобильно-дорожный государственный технический  
университет (МАДИ), г. Москва, Россия

**Аннотация:** в статье рассмотрено влияние параметров поршневых колец на надежность герметизации камеры сгорания от картерной полости при монтажных и температурных деформациях гильзы цилиндра.

**Ключевые слова:** двигатель внутреннего сгорания, поршневое кольцо, упругость, деформация.

**THE RESULTS OF THE OPTIMIZATION OF THE CONTACT-FORCE  
INTERACTION OF THE CPG PARTS TAKING INTO ACCOUNT  
THE REAL GEOMETRIC PARAMETERS OF THE CYLINDER LINER**

*D.A. Nikitin*

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

*A.A. Gafiyatullin, S.V. Snarsky*

PJSC KAMAZ, Naberezhnye Chelny, Tatarstan

*A.R. Asoyan*

Moscow Automobile and Road Construction State Technical University,  
Moscow, Russia

**Abstract:** the article considers the influence of the parameters of piston rings on the reliability of sealing the combustion chamber from the crankcase cavity during mounting and temperature deformations of the cylinder liner.

**Keywords:** internal combustion engine, piston ring, elasticity, deformation.



Одним из ключевых индикаторов уровня развития прикладных наук в области машиностроения любой развитой страны является состояние двигателестроения в целом и поршневого двигателестроения в частности. Это связано с тем, что имеющаяся в наличии гамма двигателей обеспечивает потребность ключевых потребителей – речного, морского, железнодорожного и автомобильного транспорта, сельскохозяйственных, грузоподъемных и строительных машин, автономных энергетических установок. Более того, без наличия собственных, укомплектованных отечественной компонентной базой двигателей невозможно сохранять обороноспособность страны.

Основные экономические, экологические, мощностные и ресурсные показатели двигателей и уровень их эксплуатационной надежности во многом определяются работоспособностью цилиндропоршневой группы (ЦПГ). Более того, до 45% всех отказов силовых установок приходится именно на ЦПГ.

ЦПГ двигателя внутреннего сгорания представлена на рисунке 1.

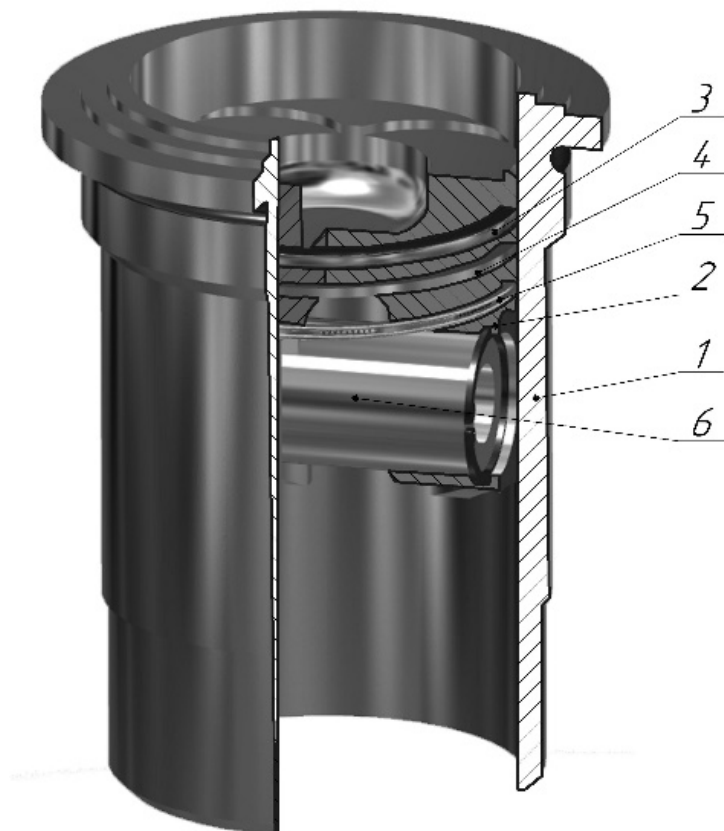


Рисунок 1. ЦПГ современного двигателя:  
1 – гильза цилиндра; 2 – поршень; 3, 4, 5 –  
верхнее, второе и маслосъемное поршневые  
кольца; 6 – поршневой палец

Наибольшее влияние на обеспечения ресурса ЦПГ оказывает сопряжение поршневое кольцо – гильза цилиндра [1], работоспособность которого во многом определяется свойствами поршневых колец.

Поршневые кольца несут ряд важных функций:

- обеспечение надежной герметизации и предотвращение прорыва рабочих газов из камеры сгорания в картерную полость двигателя;
- исключение просачивания смазочного масла в камеру сгорания;
- распределение смазочного масла по поверхности гильзы цилиндра;
- обеспечение отвода тепла от поршня к гильзе цилиндра;
- стабилизация прямолинейности (исключение перекоса) движения поршня.

Для надежного выполнения возложенных на них функций поршневые кольца должны обладать рядом специфических свойств. Прежде всего, во избежание механических потерь они должны иметь низкий коэффициент трения. Должны обладать высокой сопротивляемостью износу в условиях химического и температурного воздействия. Не должны способствовать интенсивному износу гильзы и канавок поршня. Должны сохранять упругие свойства в течении всего срока эксплуатации.

Надежная герметизация камеры сгорания возможна лишь при полном непрерывном контакте образующей поверхности поршневых колец с гильзой цилиндров. При этом непрерывность контакта кольца и гильзы обеспечивается давлением газов в заколочной полости (рис. 2).

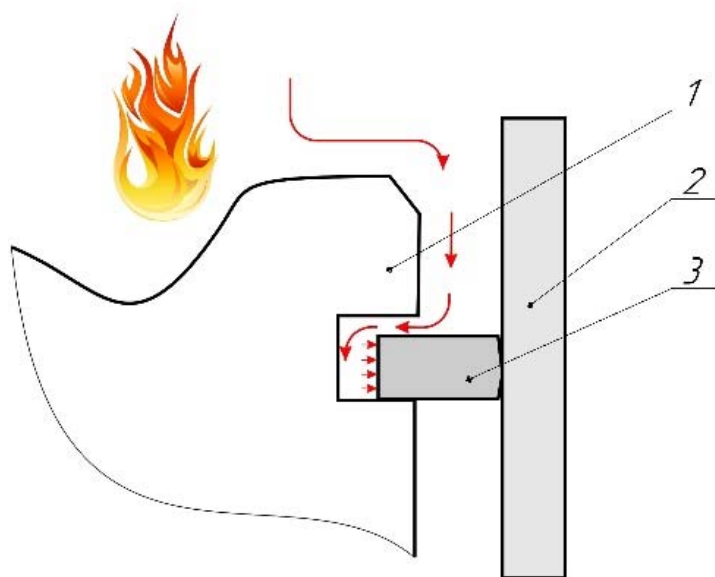


Рисунок 2. Распределение давления газов: 1 – поршень;  
2 – гильза цилиндра; 3 – поршневое кольцо

Однако, такое положение вещей имеет место быть только в случае наличия непрерывного контакта между гильзой цилиндра и образующей поверхностью поршневого кольца, что технологически обеспечивается при производстве поршневых колец точным воспроизводством расчетной формы кольца в свободном состоянии. Теоретическими вопросами расчета формы поршневых колец в свободном состоянии занимались многие ученые, что достаточно освещено в открытой печати [1, 2, 3]. Однако, все теоретические расчеты проводятся и справедливы для круглой в поперечном сечении формы гильзы цилиндра. В реальности форма цилиндра имеет свои отклонения и существенно отличается от круглой [4, 5, 6], что может вызвать отсутствие силового замыкания в сопряжении образующая поверхность поршневого кольца – гильза. При этом рабочие газы устремляются через зоны неприлегания из камеры сгорания в картерную полость, стремясь еще больше «оттолкнуть» кольцо от гильзы (рис. 3).

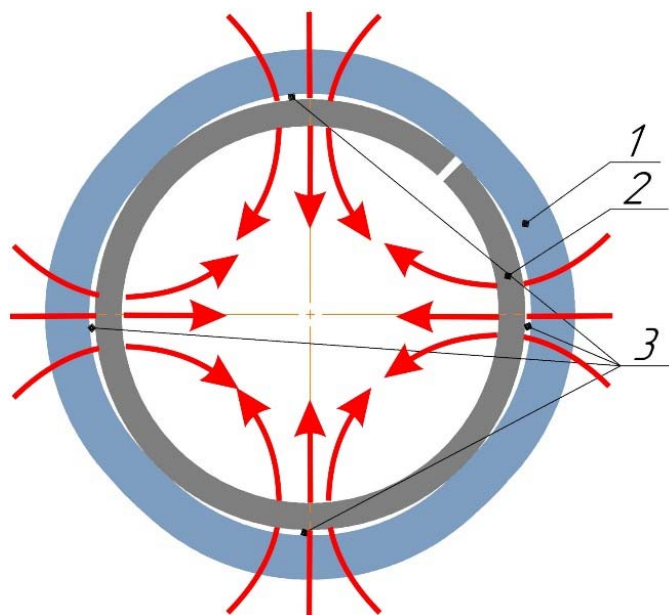


Рисунок. 3. Прорыв газов из-за наличия зон неприлегания кольца к гильзе: 1 – гильза цилиндра; 2 – поршневое кольцо; 3 – зоны неприлегания кольца к гильзе

В целях предотвращения такого явления производители стремятся обеспечить высокую степень приспособляемости поршневых колец, т.е. их

способности без «просвета» прилегать к искаженной форме цилиндра. В частности, этому вопросу посвящена целая глава у Б.Я. Гинцбурга [2]. При этом варьируют такими параметрами поршневых колец, как упругость, овальность, эпюра распределения радиальных давлений кольца на стенки гильзы цилиндра по периметру (ЭРД). Несмотря на то, что теоретически повышение упругости и степени коррекции ЭРД (отношение давления в зоне «замка» к его средней величине) согласно [1] способствуют повышению приспособляемости, в реальной жизни все не так просто. Повышение упругости поршневых колец неизбежно приводит к резкому увеличению механических потерь на трение и повышенному износу колец и гильзы, а повышение степени коррекции (Б.Я. Гинцбург в качестве оптимального значения определил  $z = 2,86$ ) резко снижает технологичность изготовления, повышается количество брака и приводит к снижению ресурса из-за локального повышенного износа таких колец в зоне замка. Таким образом, определение оптимальных параметров поршневых колец с учетом реальной макрогеометрии гильзы цилиндров представляет собой компромиссную задачу, цель которой заключается в поиске оптимального соотношения цены, ресурса и технологической достижимости.

Кроме того, задача определения контактно-силового взаимодействия поршневых колец и гильзы цилиндра, форма которой отлична от идеального круга, до последнего времени оставалась нерешенной. Наиболее достоверное решение, по мнению авторов, представлено в работе [1]. Это решение основано на использовании теории балки на упругом основании с двумя коэффициентами постели – модели Вигорта.

При использовании этой модели реакция основания (в нашем случае – гильзы) определяется по следующей формуле:

$$q = ky - 2ty'', \quad (1)$$

где  $y$  – прогиб кольца, равный деформации цилиндра под воздействием контактных давлений кольца;  $k$  и  $t$  – коэффициенты постели, определяемые по следующим формулам:

$$k = \frac{E_0 \delta}{\bar{H}(1-\nu_0^2)}, \quad (2)$$

$$t = \frac{E_0 \delta \bar{H}}{12(1-\nu_0^2)}, \quad (3)$$

где  $E_0$  – модуль упругости материала гильзы;  $\nu_0$  – коэффициент Пуассона материала гильзы;  $\delta$  – толщина сжимаемого слоя гильзы;  $\bar{H}$  – высота сжимаемого слоя гильзы.

Соответственно, при использовании этих зависимостей и опираясь на модель Вигорта общеизвестное уравнение изгиба кривого бруса принимает следующий вид:

$$u(\varphi) + 2 \frac{d^2 u}{d\varphi^2} + \frac{d^4 u}{d\varphi^4} = \frac{r^4}{EJ} \left[ p(\varphi) - \frac{E_0 \delta}{\bar{H}(1-\nu_0^2)} y - \frac{E_0 \delta \bar{H}}{6(1-\nu_0^2)} y'' \right]. \quad (4)$$

Не смотря на определенные математические сложности, используя метод конечных разностей и сформулировав граничные условия, вытекающие из геометрии кольца (симметричности относительно оси «замок»–«спинка» и равенство 0 изгибающих моментов в крайних точках, авторам удалось разработать и программно реализовать алгоритм решения системы линейных уравнений, представляющих собой разностные реализации уравнения 4 для различных угловых координат сечений кольца.

Используя данный математический аппарат и опираясь на данные по деформации гильз цилиндра, которые возникают в силу воздействия монтажных и температурных напряжений, представленных в [4, 5, 6], авторам удалось определить оптимальные значения упругости, овальности и распределения ЭРД для комплекта поршневых колец двигателя КАМАЗ. Следует отметить, что оптимальные, по мнению авторов, параметры существенно отличаются от параметров используемых сегодня комплектов поршневых колец, производимых под патронажем корпорации Federal Mogul Corporation.

В настоящее время с целью проверки достоверности теоретически полученных результатов ведется подготовка к стендовым испытаниям двигателя, укомплектованного экспериментальными кольцами.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теоретическое обоснование процесса оптимизации силового взаимодействия поршневых колец и гильзы цилиндра / С.В. Снарский, Д.А. Никитин, А.Р. Асоян, А.А. Гафиятуллин // Актуальные вопросы технической эксплуатации и автосервиса подвижного состава автомобильного транспорта: Сборник научных трудов по материалам 81-ой научно-методической и научно-исследовательской конференции МАДИ, Москва, 31 января – 02 2023 года. – Москва: Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 2023. – С. 192–198. – EDN QZDOPH.
2. Гинцбург Б.Я. Теория поршневого кольца. М.: Машиностроение, 1979, 271 с.
3. Serdecki W./ Variability of compression ring pressure against the deformed cylinder wall during engine operation // Journal of POLISH CIMAC. Energetic aspects, Gdańsk 2013, Vol. 8, N 1.
4. Влияние температурной деформации деталей цилиндропоршневой группы ДВС на силовое взаимодействие сопряжения кольцо–гильза цилиндра / Д.А. Никитин, А.Р. Асоян, С.В. Снарский [и др.] // Проблемы технической эксплуатации и автосервиса подвижного состава автомобильного транспорта: Сборник научных трудов, посвященный 85-летию кафедры ЭАТиС МАДИ, по материалам 79-й научно-методической и научно-исследовательской конференции МАДИ, Москва, 26–27 января 2021 года. – Москва: Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 2021. – С. 283–290. – EDN VBALLJ.
5. Влияние допусков формы и расположения поверхностей сопрягаемых деталей на монтажную макрогеометрию гильзы цилиндра / М.Н. Ахметов, Н.Д. Ахметов, М.М. Гимадеев [и др.] // Научно-технический вестник Поволжья. – 2015. – № 4. – С. 42–44. – EDN UHSMGL.
6. Кулаков А.Т. Термонапряжённое состояние гильзы цилиндров форсированных двигателей КАМАЗ / А.Т. Кулаков, Г.Г. Гаффаров, М.Н. Ахметов // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2015. – № 4(179). – С. 77–80. – EDN UHINIX.

УДК 620.11, 620.17, 621.77

**ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ И СНИЖЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА КОЖУХОВ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ КОЛЕСНО-МОТОРНЫХ БЛОКОВ ЛОКОМОТИВОВ ПУТЕМ ЗАМЕНЫ ИХ МАТЕРИАЛА НА КОМПОЗИЦИОННЫЙ**

*Д.А. Никитин, А.В. Павлов*

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

*А.В. Осипов, Д.Н. Курилкин*

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, г. Санкт-Петербург, Россия

**Аннотация:** в статье рассмотрена возможность применения кожухов зубчатых передач локомотивов из композиционных материалов взамен металлических. Предложена оригинальная технология их изготовления. Представлены некоторые результаты прочностных расчетов и ходовых испытаний опытных образцов кожухов.

**Ключевые слова:** кожух зубчатой передачи, вакуумная инфузия, композиционные материалы, деформация.

**IMPROVING OPERATIONAL RELIABILITY AND REDUCING THE COMPLEXITY OF MAINTENANCE AND REPAIR OF GEAR HOUSINGS OF WHEEL-MOTOR UNITS OF LOCOMOTIVES BY REPLACING THEIR MATERIAL WITH COMPOSITE**

*D.A. Nikitin, A.V. Pavlov*

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

*A.V. Osipov, D.N. Kurilkin*

Alexander I St. Petersburg State Transport University, St. Petersburg, Russian Federation

**Abstract:** the article considers the possibility of using locomotive gear housings made of composite materials instead of metal ones. An original technology for their manufacture is proposed. Some results of strength calculations and running tests of prototype casings are presented.

**Keywords:** gear casing, vacuum infusion, composite materials, deformation.

Опыт эксплуатации и обслуживания на Российских железных дорогах локомотивов, на которых установлены металлические кожухи зубчатых передач (КЗП) колесно-моторных блоков (КМБ) выявил следующие существенные недостатки их конструкции:

- предварительное напряженное состояние сварных швов в процессе эксплуатации под воздействием знакопеременных нагрузок приводит к их частичному разрушению вследствие возникновения усталостных трещин и, как следствие, к нарушению герметичности кожуха;

- высокая протяженность сварных швов вызывает деформации кожуха, что негативно сказывается на допусках расположения крепежных элементов и приводит к предварительно-напряженному состоянию элементов КЗП в процессе монтажа;

- высокая масса кожуха существенно влияет на трудоемкость обслуживания и ремонта, так как требует выкатки тележек для оказания ремонтных воздействий;

- низкая технологичность изготовления и высокая металлоёмкость негативно сказываются на себестоимости.

Кроме того, в соответствии с требованием план-графика определения показателей надежности и установления их численного значения для локомотивов производства АО «ТМХ», в 2019 году проводились стендовые испытания металлического кожуха зубчатой передачи на предмет оценки соответствия нормативным значениям механической прочности. По предварительной информации в ходе испытаний получен отрицательный результат, металлические КЗП не соответствуют требованиям ГОСТ 30631 [1].

На основании этой информации ООО «НИКА» выполнена НИОКР на тему «Повышение эксплуатационной надежности и снижение трудоемкости обслуживания и ремонта кожухов зубчатых передач колесно-моторных блоков локомотивов путем замены их материала на композиционный».

Для достижения поставленной цели НИОКР были сформулированы и решены следующие задачи:

1. Посредством проведения патентного поиска и обзора технической литературы определить пути повышения эксплуатационной надежности КЗП путем изменения материала и технологии изготовления КЗП.



2. Определить прочностные характеристики выбранного материала.
3. Провести проектирование конструкции КЗП из выбранных материалов и аналитически определить его прочностные характеристики.
4. Выбрать (спроектировать) оптимальную технологию изготовления и изготовить опытные образцы КЗП.
5. Провести стендовые и эксплуатационные испытания опытных образцов КЗП.
6. Внедрить и отработать технологию изготовления КЗП и провести процедуру постановки продукции на производство в соответствии с требованиями ГОСТ Р 15.902-2014 [2].

На основании проведенного патентного поиска и обзора технической литературы авторами предложено изготавливать КЗП из композиционных материалов методом вакуумной инфузии.

При выборе композиционного материала в условиях аккредитованных лабораторий Автономной некоммерческой образовательной организации высшего образования «Сколковский институт науки и технологий» (Skoltech) и АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» проведены прочностные испытания опытных образцов предложенных и изготовленных ООО «НИКА» из различных композиционных материалов, подтвердившие их применимость для изготовления КЗП.

В соответствии с прочностными показателями выбранного материала силами конструкторов ООО «НИКА» выполнены конструкторские работы по проектированию перспективных моделей КЗП для широкой гаммы отечественных локомотивов. Предварительно аналитически определены их прочностные характеристики (рис. 1).

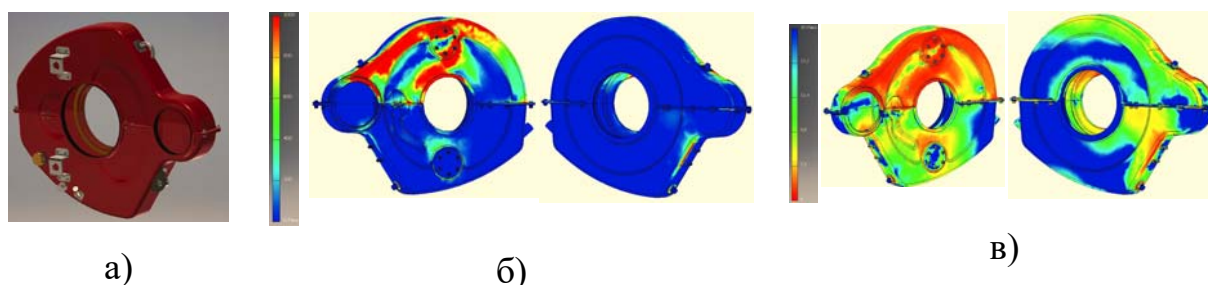


Рисунок 1. Результаты 3-D моделирования и прочностных расчетов:

- а) – 3-D модель кожуха; б) – результаты расчета напряжений;
- в) – результаты расчета коэффициента запаса прочности

Для спроектированной конструкции была выбрана технология изготовления кожухов методом вакуумной инфузии и изготовлен опытный образец кожуха. Сотрудниками АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» проведены ходовые динамико-прочностные испытания КЗП на линии в составе КМБ электровоза 2ЭС5К «Ермак» № 454 на действующей линии Горьковской ж/д, подтвердившие их работоспособность и соответствие прочностных характеристик как результатам аналитических расчетов, так и требованиям, предъявляемым ОАО «РЖД» к данному виду продукции.

Разработанная технология, включая изготовление технологической оснастки, внедрена и доведена до уровня серийного производства в условиях ООО «НИКА» (рис. 2).



а)



б)



в)



г)

Рисунок 2. Производственные участки производства КЗП

а) – модельный; б) – участок раскроя; в) – участок вакуумной инфузии; г) – участок сборки готовых изделий

С декабря 2023 г. продукция серийно изготавливается и устанавливается на КМБ локомотивов (рис. 3).



Рисунок 3. КЗП, установленные на КМБ локомотива 2ЭС5К

Учитывая, что значимыми показателями качества продукции являются ее патентно-правовые показатели, а именно патентная чистота и патентоспособность, а также учитывая, что отсутствие патентной чистоты может повлечь за собой не только серьёзные расходы, но и полную невозможность осуществления хозяйственной деятельности, в ходе проведения процедур постановки продукции на производство, помимо прочего, были выполнены патентные исследования. Патентные исследования подтвердили патентную чистоту продукции. Более того, в ходе патентных исследований была выявлена патентоспособность как конструкции КЗП, так и ряда технологических решений. По результатам НИОКР получено 2 охранных документа патентного ведомства РФ [4, 5].

В настоящее время продукция массово изготавливается и поставляется на локомотивостроительные заводы РФ.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 30631-99. Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам: Москва, ИПК Издательство стандартов, 1999, 32 с.

2. ГОСТ 15.902-2014. Система разработки и постановки продукции на производство. Железнодорожный подвижной состав. Порядок разработки и постановки на производство // М.: ФГУП Стандартиформ, 2019 г. 36 с.

3. Патент на полезную модель № 203485 U1 Российская Федерация, МПК F16H 57/031, B61C 9/00. Кожух зубчатой передачи тягового редуктора : № 2020143607 : заявл. 29.12.2020 : опубл. 07.04.2021 / Д.А. Никитин, И.С. Кузнецова, Н.А. Туроверова.

4. Патент на полезную модель № 204391 U1 Российская Федерация, МПК B29C 43/56, B29C 45/02, B29C 70/36. Форма для формования изделий из полимерных материалов : № 2021104288 : заявл. 19.02.2021 : опубл. 21.05.2021 / Д.А. Никитин, И.С. Кузнецова, Н.А. Туроверова.

УДК 621.744

## ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ОТЛИВОК ЗАГОТОВОК ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ

*Д.А. Никитин, В.В. Чекмарев*

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

*А.А. Zubov*

Московский государственный технологический  
университет Станкин, г. Москва, Россия

**Аннотация:** в статье рассмотрена возможность применения аддитивных технологий при литье чугуновых заготовок поршневых колец. Предложена стопочная послойная технология формования с использованием верхней литниковой системы.

**Ключевые слова:** изготовление чугуновых индивидуальных отливок, заготовка, двигатель внутреннего сгорания, поршневое кольцо, упругость, деформация.

## APPLICATION OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN THE MANUFACTURE OF CASTINGS OF PISTON RING BLANKS

*D.A. Nikitin, V. V. Checmarev*

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

*A.A. Zubov*

Moscow State University of technology STANKIN, Moscow, Russia

**Abstract:** the article considers the influence of the parameters of piston rings on the reliability of sealing the combustion chamber from the crankcase cavity during mounting and temperature deformations of the cylinder liner.

**Keywords:** internal combustion engine, piston ring, elasticity, deformation.

Одним из ключевых индикаторов уровня развития прикладных наук в области машиностроения любой развитой страны является состояние двигателестроения в целом и поршневого двигателестроения в частности. Это связано с тем, что большая гамма компонентов двигателя внутреннего сгорания – детали цилиндропоршневой группы, топливная аппаратура, базовые корпусные детали, коленчатый и распределительный валы – представляют собой наукоемкую продукцию, что требует наличия серьезной научной базы, большой номенклатуры специального оборудования и компетенций в области производства. К сожалению, в постсоветский период существования нашей страны многие компетенции по разным причинам были утрачены. В частности, в РФ практически утрачены компетенции и технологические возможности производства таких компонентов поршневых ДВС, как поршневые кольца, а именно они в значительной степени определяют экономические, экологические, мощностные и ресурсные показатели двигателей и уровень их эксплуатационной надежности [1, 2].

В настоящее время в производственных условиях ООО «ППК» (ООО Производство поршневых колец), г. Всеволожск, на стадии запуска находится завод полного цикла по производству поршневых колец. На начальном этапе строительства предполагалось заготовку получать по аутсорсингу от компаний, профессионально занимающихся литьем чугунных отливок. При этом технология изготовления поршневого кольца предполагает использование индивидуальной заготовки (рис. 1).

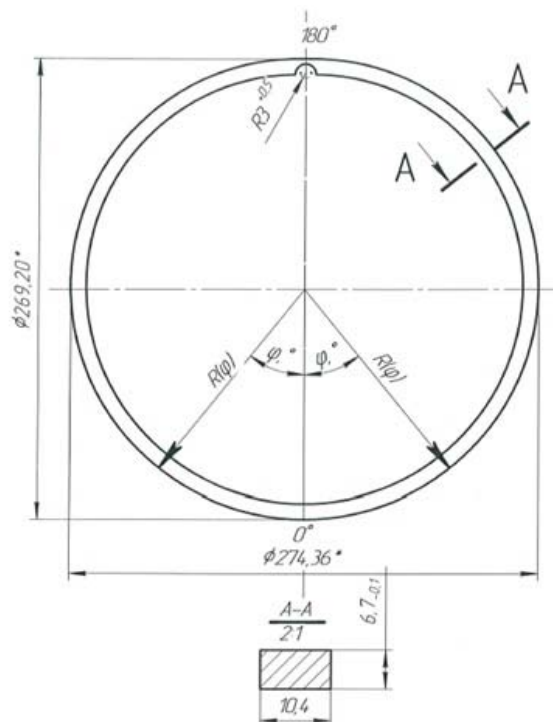


Рисунок 1. Форма заготовки поршневого кольца (на примере верхнего поршневого кольца промышленного дизельного двигателя Д49)

При этом к заготовке помимо химического состава предъявляются следующие требования:

- разность показаний твердости для одной отливки не более 4-х единиц по шкале HRB;

- микроструктура отливок в соответствии с ГОСТ 3443-87 должна удовлетворять следующим требованиям:

- по графиту: по форме включений и их сочетанию ПГф 1, ПГф 2 по шкале 1А; по площади, занятой графитом ПГ6, ПГ10 по шкале 1Г; по длине включений ПГд45, ПГд90, ПГд180 по шкале 1Б; по характеру распределения включений ПГр1, ПГр7 по шкале 1В.

- по перлиту: по площади, занятой перлитом - П шкалы 6А, ряд 1; по степени дисперсности перлита - ПД0,3, ПД0,5, ПД1,0 шкалы 8;

- по фосфидной эвтектике: по площади наибольших включений ФЭп2000, ФЭп6000 шкалы 9Г; по характеру распределения;

- включений-ФЭр1, ФЭр2 шкалы 9Б; по строению эвтектики-ФЭ1, ФЭ2, ФЭ3, ФЭ4, ФЭ5 по шкале 9А;

- по цементиту – структурно-свободный цементит не допускается.

Трещины на отливках не допускаются. Дефекты на поверхностях отливок не должны выходить за пределы припусков на черновую механическую обработку. Исправления литейных дефектов не допускаются.

Поиск партнера в РФ не увенчался успехом. Большинство компаний и литейных заводов просто не взялись за изготовление, ознакомившись с техническими требованиями. Ни одна из компаний, предпринимавших попытки изготовить отливку, не смогла отлить индивидуальную заготовку, удовлетворяющую заявленным требованиям в части стабильности структуры металла, физико-механических свойств и требуемых размеров.

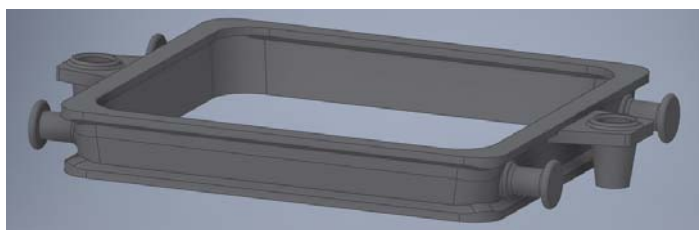
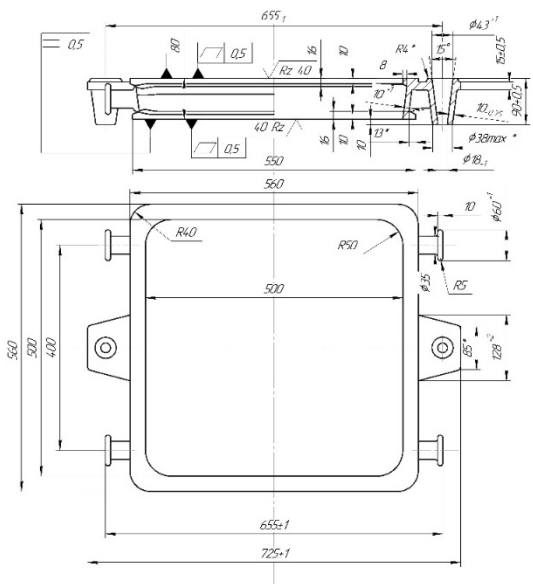
В сложившейся ситуации авторским коллективом предпринята попытка проектирования технологии отливок собственными силами, опираясь на утраченный опыт таких заводов Советского союза, как Макинский завод поршневых колец (Казахстан), Лебединский завод поршневых колец (Украина), Мичуринский и Ставропольский заводы поршневых колец (Россия), Волжский автомобильный завод. Кроме того, была обобщена имеющаяся в открытых



источниках информация об изготовлении заготовок поршневых колец такими производителями, как Maple и Federal Mogul.

На основании проведенного анализа отечественного и мирового опыта была выбрана технология стопочного формования индивидуальных отливок.

Авторами предложена и согласована с производителем литейного оборудования, прежде всего формовочных машин, конструкция опок (рис. 2).



а)

б)

Рисунок 1. Конструкция опоки, а) – эскиз, б) – общий вид.

При этом конструкция нижней опоки отличается от представленной лишь размером позиционирующего конуса (не  $90\pm 0,5$ , а  $80-3,0$ ), который должен быть обрезан, чтобы не выходить за габарит нижней кромки опоки.

Изделие (отливка) формуется на формовочных машинах. Общий вид модельной плиты с оснасткой представлен на рисунке 2.

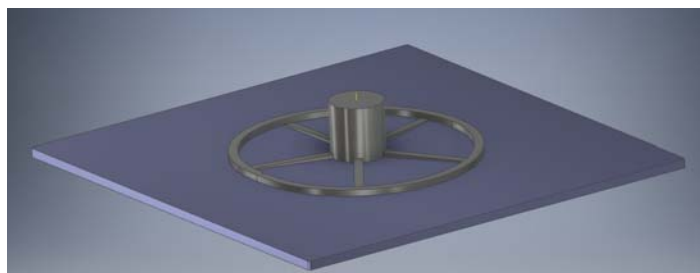


Рисунок 2. Модельная плита с оснасткой



Оснастка, в частности – размеры монтажного шаблона, рассчитаны с учетом усадки чугуна. Учитывая, что формируется стопка опок, нижняя опока формируется без литниковой системы (рис. 3).



Рисунок 3. Нижняя опока

В промежуточных (основных) опоках по центру формируется литник, а с нижней части – форма изделия и литники (рис. 4).

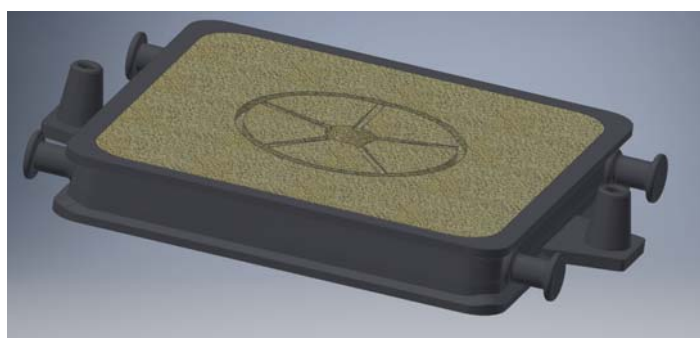


Рисунок 4. Промежуточная опока

Верхняя опока отличается от промежуточной наличием фаски в верхней части литника (для удобства залива расплава, рис. 5).

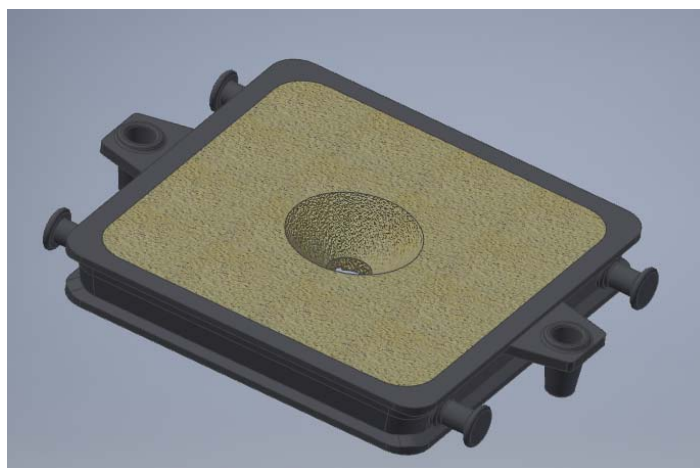


Рисунок 5. Верхняя опока

Опоки собираются в стопки (рис. 6, а). На начальном этапе планируется использовать стопки из 10...12 опок. Количество опок будет оптимизировано в процессе отладки процесса литья.

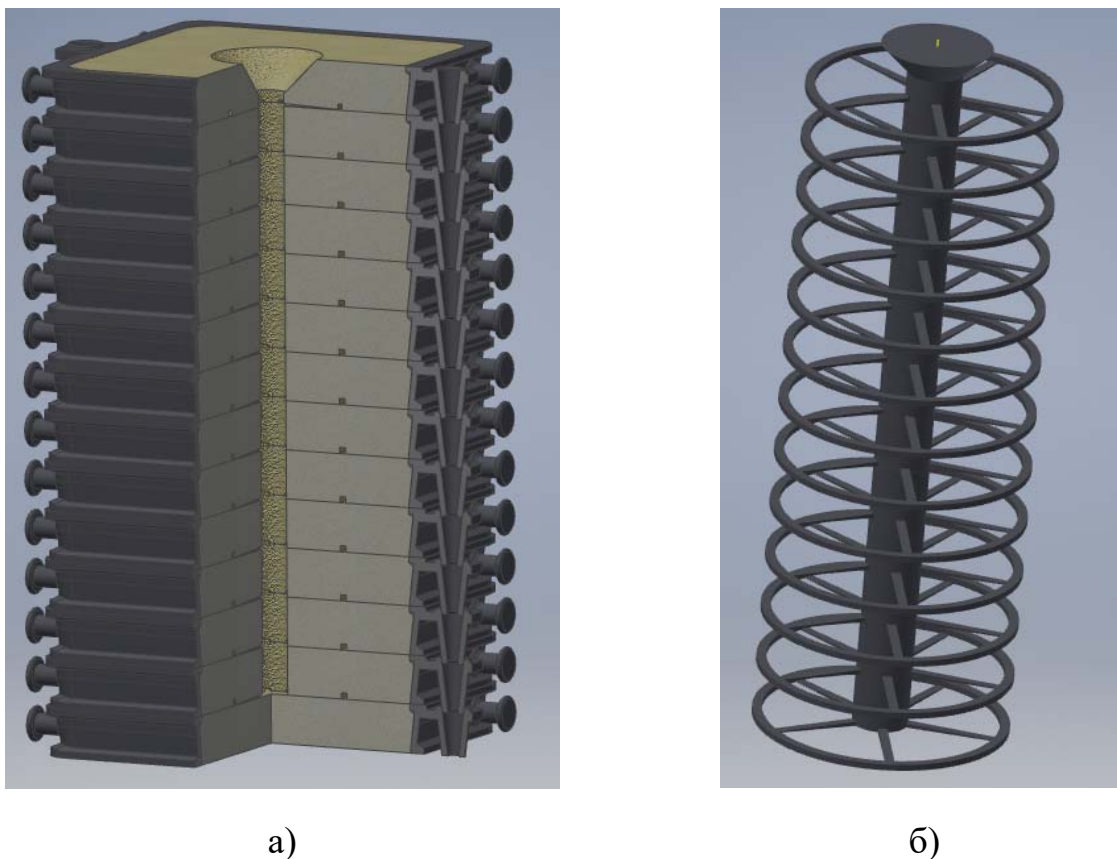


Рисунок 6. Стопка опок в сборе (а) и получаемая отливка (б)

После выбивки отливки получаем (планируем получить) «ёлочку» заготовок, представленную на рисунке 7, б.

Учитывая, что деталь тонкостенная, обрубка не приемлема. Отливки транспортируются на участок обрезки, где посредством шлифовальной машинки (болгарки) отрезными кругами обрезаются заготовки и с них снимается облой. Литники отправляются на повторную переплавку.

Форма отливки заготовки поршневого кольца обеспечивается монтажной шаблоном, размеры которого рассчитаны с учетом усадки чугуна. Форма

монтажной оснастки является сложной и ее изготовление с помощью механической обработки является дорогостоящим и трудозатратным. Было решено изготовить монтажный шаблон, используя аддитивные технологии 3D печати. С учетом условий работы (монтажный шаблон работает в постоянном трении с абразивным материалом – песчано-земляной смесью), его изготовили из ABS пластика, обладающего высокой механической прочностью относительно других пластмасс.

В настоящее время технология отливок находится на этапе освоения массового производства.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теоретическое обоснование процесса оптимизации силового взаимодействия поршневых колец и гильзы цилиндра / С.В. Снарский, Д.А. Никитин, А.Р. Асоян, А.А. Гафиятуллин // Актуальные вопросы технической эксплуатации и автосервиса подвижного состава автомобильного транспорта : Сборник научных трудов по материалам 81-ой научно-методической и научно-исследовательской конференции МАДИ, Москва, 31 января – 02.2023 года. – Москва: Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 2023. – С. 192–198. – EDN QZDOPH.

2. Temperature deformation of cylinder-piston group parts of uprated diesels and gas engines for KAMAZ vehicles / D.A. Nikitin, G.D. Mezheritsky, V.V. Chekmarev [et al.] // International Journal of Engineering and Technology(UAE). – 2018. – Vol. 7, №. 4.36. – P. 117–120. – EDN CDRVPE.

УДК 621.436 + 621.89.017

## КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ ОТЛОЖЕНИЙ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ В МАСЛЯНОЙ СИСТЕМЕ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

*М.Д. Прокопцова*

ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России», г. Москва, Россия

**Аннотация:** исследован компонентный состав отложений, образующихся в масляной системе дизельного двигателя с помощью метода тонкослойной хроматографии (ТСХ).

**Ключевые слова:** компонентный состав отложений, дизельный двигатель, моторное масло, тонкослойная хроматография.

## COMPONENT COMPOSITION OF DEPOSITS FORMED IN THE OIL SYSTEM OF A DIESEL ENGINE

*M.D. Prokoptsova*

25th State Research Institute of Chemmotology of the Defense Ministry  
of the Russian Federation, Moscow, Russia

**Abstract:** the component composition of deposits formed in the oil system of a diesel engine with help of thin layer chromatography have studied.

**Keywords:** component composition of deposits, diesel engine, motor oil, thin layer chromatography.

В работающем дизельном двигателе моторное масло, нагретое до температуры 90–110 °С постоянно циркулирует и контактирует с воздухом, водяными парами, продуктами не полного сгорания топлива. Кислород воздуха ускоряет окисление масла. Попадание воды в масло может привести к изменению моющих свойств. Металлические поверхности деталей двигателя

выступают в роли катализаторов процесса окисления масла. Масло нагревается, соприкасаясь с нагретыми деталями (в первую очередь, с цилиндрами, поршнями и клапанами), что значительно ускоряет процесс окисления масла.

В результате окислительных превращений (сшивания окисленных молекул) и полимеризации продуктов окисления и неполного сгорания топлива в моторном масле образуются отложения [1]. Состав отложений зависит от химического, углеводородного и фракционного составов топлив и масел. В зависимости от характера отложений, они условно подразделяются на высокотемпературные (нагары, лаки) и низкотемпературные (шлам). Повышенное образование высокотемпературных отложений в зоне поршневых колец приводит к их закоксовыванию и потере подвижности. Следствием этого, является увеличение расхода топлива и масла. Интенсивное образование низкотемпературных отложений в каналах системы смазки, клапанной коробке, картере, на деталях механизма газораспределения, фильтрах грубой и тонкой очистки приводит к снижению количества моторного масла, подающегося к наиболее ответственным узлам трения, смазываемым под давлением и перегреву двигателя. При засорении фильтров грубой и тонкой очистки возможен перепуск неочищенного масла в главную магистраль. Образование отложений, в конечном счете, может привести к выходу двигателя внутреннего сгорания из строя [2].

Исследование компонентного состава отложений – это качественное и количественное определение содержания насыщенных и ароматических углеводов, а также полярных соединений, относящихся к смолам, асфальтенам, карбенам и (или) карбоидам. В основе метода тонкослойной хроматографии заложен процесс разделения компонентов анализируемых проб за счет различия скоростей их перемещения в открытом тонком слое сорбента на хроматографической пластине или в пленках пористых полимерных материалов при движении по ним элюента [3].

Определение компонентного состава отложений проводили с помощью аппаратуры для тонкослойной хроматографии на кварцевых стержнях с пламенно-ионизационным детектором, Iatroscan MK6 TLC-FID производства фирмы SES GmbH Analysesysteme (рис. 1).

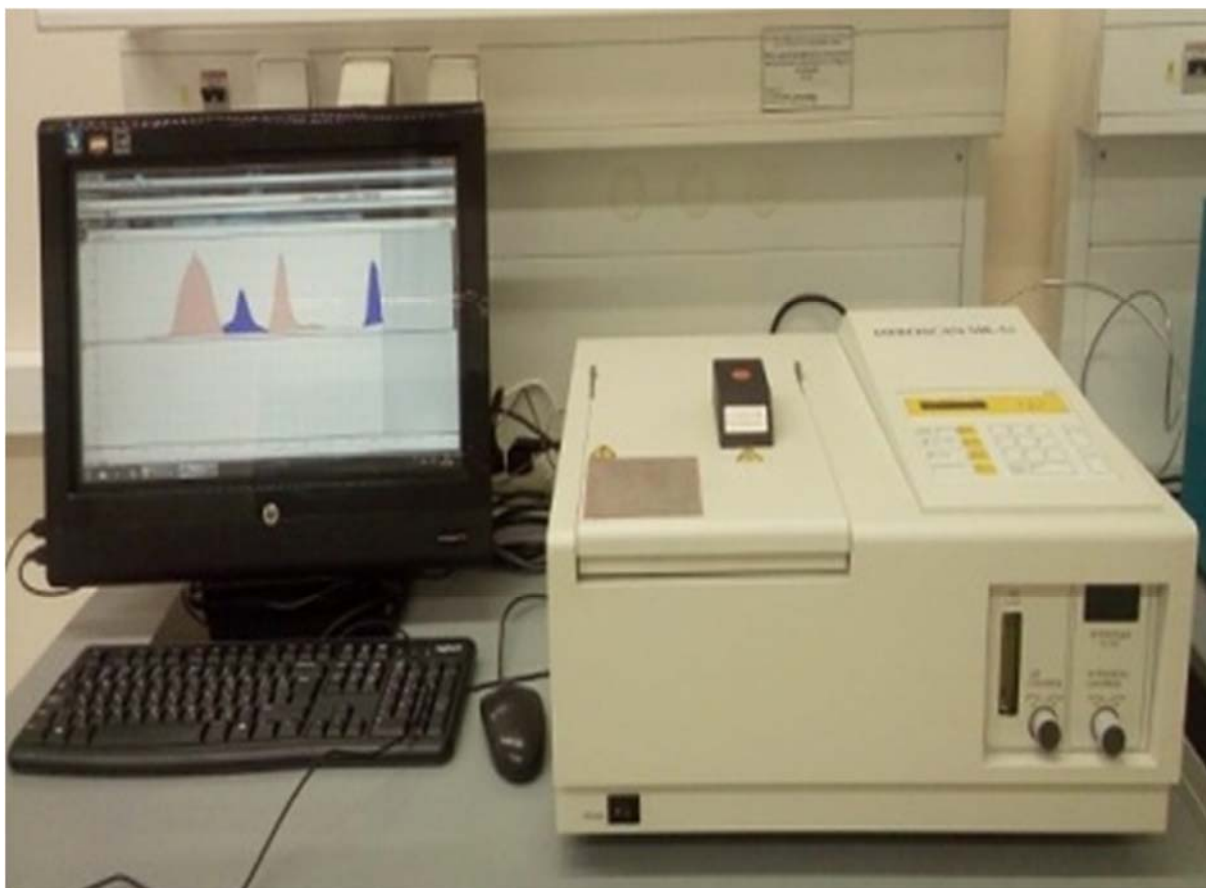


Рисунок 1. Аппаратура для определения компонентного состава отложений

Результаты исследования компонентного состава отложений представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Компонентный состав отложений

Компонентный состав отложений	Значение, %
Насыщенные углеводороды	43,1
Ароматические углеводороды	20,4
Смолы	22,9
Асфальтены, карбены или карбоиды	13,6

Результаты определения компонентного состава отложений, образующихся в масляной системе дизельного двигателя дают информацию о том, что состав тяжелой части отложений напоминает по составу гудрон, с температурой кипения выше 450 °С, т.е. в результате окислительных,

термических и каталитических превращений компонентов моторного масла образуются высококипящие соединения, близкие по составу к нефтяным остаткам.

В дальнейшем полученные результаты будут использоваться при изучении механизма превращений в моторном масле, приводящих к образованию отложений.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григорьев М.А., Бунаков Б.М., Долецкий В.А. Качество моторного масла и надежность двигателей, М.: Издательство стандартов, 1981, 232 с.

2. Лашхи В.Л. Физико-химические основы химмотологии моторных масел [Текст] / В.Л. Лашхи, А.Л. Чудиновских. – М.: ООО «Издательский дом Недра», 2015. – 355 с.

3. Златкис А. Кайзер Р. Высокоэффективная тонкослойная хроматография, М.: «МИР», 1979, 247 с.

УДК 621.436.068.4

## МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ САЖЕВЫХ ЧАСТИЦ В ОТРАБОТАВШИХ ГАЗАХ ДИЗЕЛЕЙ

*В.А. Стрельников*

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

**Аннотация:** в статье рассмотрен механизм образования частиц сажи в цилиндрах дизельного двигателя при его работе. Дан дисперсный анализ размера сажевых частиц на различных режимах работы дизеля. Рассмотрено влияние различных факторов на образование сажевых частиц. Описано токсичное влияние частиц сажи на здоровье человека. Рассмотрены способы уменьшения выбросов сажи с отработавшими газами дизельных двигателей.

**Ключевые слова:** отработавшие газы дизелей, сажевые частицы, токсичность сажи, механизм образования сажи, способы снижения выбросов сажи.

## MECHANISM OF CREATION SOOT PARTICLES IN THE EXHAUST GASES OF DIESEL ENGINES

*V.A. Strelnikov*

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

**Abstract:** the article considers the mechanism of creation soot particles in the Cylinders during diesel engine operation. Dispersion analysis of the soot particles size on various regimes of the diesel engine operation is given. Influence of the different factors on the soot particles creation is shown. The toxic influence of soot particles on health of the man is considered. The ways of the soot emission decreasing in the diesel exhaust gases are reported.

**Keywords:** diesel exhaust gases, soot particles, the toxic influence of soot, mechanism of creation soot particles, ways of the soot emission decreasing.



В цилиндре двигателя в процессе сгорания образуются токсичные компоненты – продукты неполного сгорания и оксиды азота. Причем их образование идет по совершенно различным схемам. Так, присутствие в отработавших газах (ОГ) продуктов неполного сгорания связано с химическими реакциями окисления топлива, протекающими как в предпламенный период, так и в процессе сгорания-расширения. Оксиды азота образуются при соединении азота с избыточным кислородом в продуктах сгорания. Данная реакция носит термический характер и не связана непосредственно с реакциями окисления топлива.

В зависимости от типа смесеобразования двигателей количественный состав некоторых токсичных соединений существенно различается. Так, у двигателей с внешним смесеобразованием, в частности бензиновых, наибольшую долю вредных выбросов составляет окись углерода, в то время как у двигателей с внутренним смесеобразованием (дизелей) – сажа. Это объясняется существенным различием организации процессов смесеобразования и сгорания. Для организации малотоксичного рабочего процесса в дизеле необходимо обеспечить полное сгорание топлива по всему объему камеры сгорания, а в двигателе с внешним смесеобразованием – оптимальное соотношение топлива и воздуха в смеси.

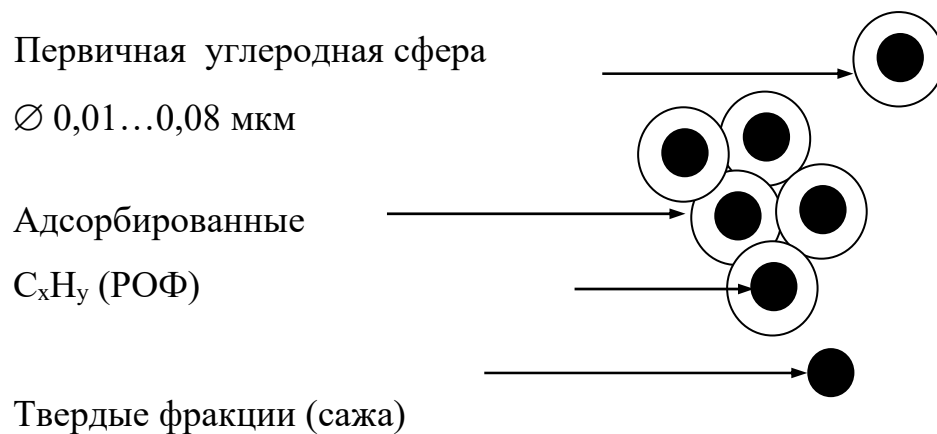
Частицы ОГ дизеля подразделяются на три основные фракции:

- твердую – сухие углеродные частицы, известные как сажа;
- растворимую органическую (РОФ) – тяжелые углеводороды, адсорбированные и конденсированные на углеродных частицах;
- сульфатную ( $SO_4$ ) – растворенную серную кислоту.

«Влажные» частицы могут содержать до 60 % углеводородной фракции РОФ.

Количество сульфатов напрямую зависит от содержания серы в дизельном топливе [1].

Состав частиц ОГ дизеля (рис. 1) будет зависеть от условий нагрузки, скоростного режима и других характеристик двигателя.



Частицы  $H_2SO_4$   
 8000 молекул  $H_2O$   
 3000 молекул  $H_2SO_4$

Рисунок 1. Состав частиц дизеля

Сажа представляет собой твердый углеродный продукт в дисперсном состоянии. Она состоит из частиц, представляющих собой образования неправильной формы с линейными размерами  $0,3 \dots 10,0$  мкм [1].

Дисперсный состав сажи представлен на рисунке 2 из которого следует, что наибольшее количество частиц сажи имеют размеры  $0,5 \dots 1,5$  мкм [2].

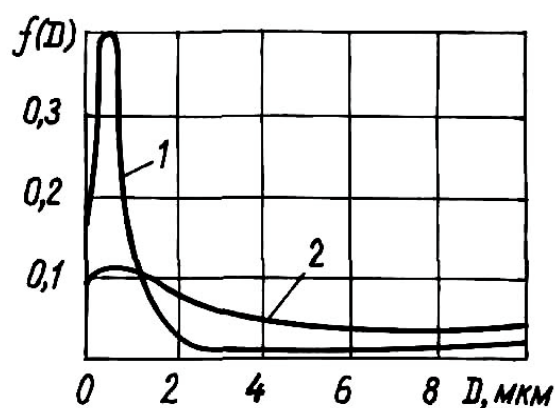


Рисунок 2. Дисперсный состав сажи в отработавших газах дизеля:  
 1 – малые нагрузки; 2 – высокие нагрузки;  $D$  – диаметр частиц сажи;  
 $f(D)$  – плотность распределения частиц по диаметрам

Образование сажи связано с пиролизом углеводородов топлива, т.е. с объемным процессом их термического разложения при недостатке кислорода. Данный процесс имеет место в высокотемпературной центральной зоне топливной струи.

Выделение сажи в процессе сгорания можно представить в виде трех фаз [1, 2]: образование зародыша; рост зародышей в частицы сажи; коагуляция первичных сажевых частиц.

В периферийных зонах камеры сгорания и пристеночных слоях, где температура топливовоздушной смеси умеренная, частицы сажи подвергаются «закалке» и в дальнейшем сгорании практически не участвуют. Это является основной причиной выброса сажи с ОГ дизелей [3, 4].

Количество сажи, содержащейся в ОГ дизелей, зависит от следующих факторов: геометрических параметров распылителя форсунки, закона и организации процессов теплопередачи, температуры впускного воздуха и топлива, типа топлива, угла опережения начала впрыскивания топлива, степени турбулизации заряда, состава смеси, подтекания и подвпрысков топлива, а также попадания смазочного масла в камеру сгорания.

Рядом исследователей [1, 2, 3] установлены концентрации окислителя, при которых начинается выделение сажи из пламени. Эти концентрации оценивают коэффициентом избытка воздуха  $\alpha$ . Диапазон  $\alpha$ , в котором происходит образование сажи, составляет 0,33...0,7. С повышением температуры начало образования сажи сдвигается в сторону более богатых топливовоздушных смесей, с увеличением давления – в сторону более бедных смесей.

Токсичность сажи в первую очередь обусловлена тем, что она выступает в роли накопителя канцерогенных веществ, а именно полициклических ароматических углеводородов (ПАУ). ОГ с большим содержанием сажи попадают из выпускной системы двигателя в атмосферу в виде черного дыма, который ограничивает видимость на дорогах. Если относительно крупные частицы сажи размером 2...10 мкм легко выводятся из организма при кашле, то мелкие размером 0,5...2 мкм задерживаются в легких и вызывают тяжелые заболевания и аллергию [1].

Сажа выгорает в цилиндре дизеля при температуре 500–550 °С, но такая температура редко достигается в ОГ дизелей. Поэтому для улавливания сажевых частиц используются сажевые фильтры с постоянной или периодической регенерацией, т.е. выжиганием накопленной сажи [5]. Для этой цели используются как активные системы (электрические нагреватели, микроволновые системы, дросселирование потока с целью увеличения температуры ОГ), так и пассивные системы регенерации, служащие для понижения температуры, при которой выгорает сажа (слой катализатора, нанесенный на рабочую поверхность фильтра, присадки в топливо на основе мелкодисперсных порошков платины, меди, железа, церия и др.). Способы пассивной регенерации позволяют выжигать сажу не только при максимальных нагрузочных режимах дизеля, но и на частичных нагрузках. Однако, эти способы весьма дороги и часто малоэффективны. Поэтому, в настоящее время, наиболее перспективным и экономически выгодным мероприятием является установка на дизельных двигателях сажевых фильтров с активной регенерацией за счёт электрических выжигателей сажи, работающих от бортовой сети транспортного средства.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жегалин О.Н., Лупачев П.Д. Снижение токсичности автомобильных двигателей. М. – Транспорт. – 1985. – 120 с.
2. Звонов В.А. Токсичность двигателей внутреннего сгорания. – М. 2-е изд., перераб. М. – Машиностроение. – 1981. – 160 с.
3. Цыпцын В.И., Стрельников В.А., Истомин С.В. Снижение токсичных выбросов автотракторных дизелей // Механизация и электрофикация сельского хозяйства. – 2003. – № 4 – С. 22–23.
4. Стрельников В.А., Истомин С.В. Новые направления повышения экологической безопасности ДВС // Повышение эксплуатационных показателей двигателей, тракторов и автомобилей / Сб. науч. Трудов научно-технической конференции. – СПб ГАУ. – С-Петербург. – 2002. – С. 191–192.
5. Цыпцын В.И., Стрельников В.А., Истомин С.В. Термический нейтрализатор отработавших газов дизеля. Патент РФ на изобретение № 2119065. Оpubл. 20.09.1998.

## ВЛИЯНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА НА РАБОТУ ДВИГАТЕЛЯ

*М.Ф. Тетерин,*

Научно-технический центр ПАО «КАМАЗ»,  
г. Набережные Челны, Республика Татарстан

*А.Ю. Барыкин, А.А. Гафиятуллин*

Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского)  
федерального университета, г. Набережные Челны, Республика Татарстан

**Аннотация:** в статье изучена проблема применения суррогатного дизельного топлива при эксплуатации грузовых автомобилей. Рассмотрено влияние оценочных показателей дизельного топлива на работу автомобильного дизеля и приведены результаты мониторинга показателей качества топлива в эксплуатации. Сделан вывод о необходимости постоянного наблюдения за показателями качества дизельного топлива в ходе эксплуатации автомобилей при заправке на АЗС, техническом обслуживании и ремонте.

**Ключевые слова:** грузовой автомобиль, технический регламент, суррогатное дизельное топливо, печное топливо, мониторинг качества топлива, техническое обслуживание и ремонт, остаточный ресурс двигателя.

## INFLUENCE OF DIESEL FUEL INDICATORS ON ENGINE OPERATION

*M.F. Teterin*

Scientific and Technical Center of KAMAZ PJSC, Naberezhnye Chelny, Tatarstan

*A.Y. Barykin, A.A. Gafiyatullin*

Naberezhnochelninsky Institute (Branch) Kazan (Volga Region)  
Federal University, Naberezhnye Chelny, Tatarstan

**Abstract:** the article examines the problem of using surrogate diesel fuel in the operation of trucks. The influence of estimated diesel fuel indicators on the operation of an automobile diesel engine is considered and the results of monitoring fuel quality indicators in operation are presented. It is concluded that it is necessary to constantly monitor the quality indicators of diesel fuel during the operation of cars when refueling at gas stations, maintenance and repair.

**Keywords:** truck, technical regulations, surrogate diesel fuel, heating oil, fuel quality monitoring, maintenance and repair, residual engine life.

В течение десяти и более последних лет на конференциях, в прессе и интернет-изданиях поднимается проблема применения в России суррогатного дизельного топлива (ДТ) в автомобильных двигателях. Под суррогатным дизельным топливом будем понимать ДТ, не являющееся автомобильным, не предназначенное для использования в автомобильных дизелях и не соответствующее «Техническому регламенту таможенного союза» ТР ТС 013/2011 [1] и ГОСТ 32511-2013 [2]. Если в 2015 году до 25 % реализуемого ДТ являлось суррогатным [3], то к 2020 году доля суррогатного топлива снизилась, по разным источникам, до 8...15 % [4, 5]. Но такое суррогатное низкокачественное ДТ по-прежнему пользуется спросом у определенной категории потребителей – это, в основном, владельцы автотехники с дизельными двигателями экологического класса 3 и ниже. Отсутствие в таких автомобилях систем нейтрализации и «всеядность» топливной аппаратуры (ТА) таких двигателей и позволяет им использовать суррогатные ДТ.

По информации электронных ресурсов *avtostat.ru* и *napinfo.ru* средний возраст грузовых автомобилей в России – 21 год, автомобилей младше 15 лет – примерно 45%. Двигателями уровня Евро-4 и Евро-5 оснащено не более 20% парка подвижного состава. Из-за незначительных темпов обновления парка грузовых автомобилей рынок суррогатного ДТ в ближайшие несколько лет, вероятнее всего, сократится незначительно.

Специалисты исследовательской группы «Петромаркет» провели анализ проблемы суррогатных топлив в России [6] и отмечают, что суррогатное ДТ представляет собой, в основном, среднестиллятные фракции атмосферной перегонки нефти. Содержание серы в суррогатном ДТ может существенно превышать содержание серы по ГОСТ 32511-2013. При этом ухудшаются и другие характеристики ДТ (цетановое число, температура вспышки, смазывающая способность, температура предельной фильтруемости и др.).

Длительное применение суррогатного ДТ приводит к существенному ухудшению технико-экономических показателей двигателя и автомобиля. Остаточный ресурс двигателя определяется комплексом показателей, связанных с теплотворной способностью топлива, склонностью к образованию стойких загрязнений и другими эксплуатационными параметрами [7–9]. В качестве примера рассмотрим светлое печное топливо. В табл. 1 приведены некоторые характеристики автомобильного дизельного топлива по ГОСТ 32511-2013 [2] и светлого печного топлива по ГОСТ 10585-99 [10]. Из табл. 1 следует, что плотность печного топлива выше по сравнению с ДТ по ГОСТ 32511-2013, оно бо-

лее вязкое, не фильтруется при низких температурах (застывает уже при – 8 °С), более зольное, его смазывающая способность не нормируется. Это не позволяет использовать светлое печное топливо в двигателях современной автомобильной техники.

Под показателями качества дизельного топлива будем понимать его основные показатели по ГОСТ 32511-2013 (цетановое число, фракционный состав, плотность, содержание серы, зольность, вязкость). В результате анализа литературных источников [11–14] была сформирована таблица влияния отклонений основных показателей качества ДТ от значений по ГОСТ 32511-2013 на работу дизеля (табл. 2). Из табл. 2 следует, что отклонения показателей ДТ имеют существенное влияние на работу дизельного двигателя независимо от их снижения или увеличения относительно показателей по ГОСТ 32511-2013.

Таблица 1 – Некоторые характеристики дизельных топлив

Характеристики продукта	Вид топлива	
	Дизельное топливо По ГОСТ 32511-2013	Светлое печное топливо ГОСТ 10585-99
1. Фракционный состав: 10% перегоняется при температуре не менее 65% перегоняется при температуре не менее 90% перегоняется при температуре не менее	– 250 °С 360 °С	160 °С  340 °С
2. Плотность при 20 °С	820÷845 кг/м <sup>3</sup>	840 кг/м <sup>3</sup>
3. Кинематическая вязкость при 20 °С не выше	2÷4,5 мм <sup>2</sup> /с	8 мм <sup>2</sup> /с
4. Цетановое число Цетановый индекс	49 не менее 46 не менее	Не нормируется Не нормируется
5. Массовая доля серы, не выше	0,035 % – класс 3 0,005 % – класс 4 0,001% – класс 5	0,5 %
6. Температура вспышки, не ниже	55 °С	–
7. Температура помутнения	–	–

8. Температура предельной фильтруемости, °С	До – 44 °С	–
9. Температура застывания	–	– 8 °С
10. Зольность, не выше	0,01%	0,02 %
11. Смазывающая способность: скорректированный диаметр пятна износа (wsd 1,4) при 60 °С, мкм, не более	460	Не нормируется

С целью определения качества заправляемого ДТ, исключения применения суррогатного ДТ при эксплуатации автомобилей КАМАЗ, в НТЦ ПАО «КАМАЗ» в течение 2022 г. проводился мониторинг показателей качества применяемого ДТ в ходе эксплуатационных испытаний, а также в ходе технического обслуживания автомобилей КАМАЗ в автоцентрах.

Отбор проб дизельного топлива проводился на АЗС при заправке в ходе эксплуатационных и подконтрольных испытаний автомобилей КАМАЗ, и из баков автомобилей в процессе выполнения регламентных работ по техническому обслуживанию. Анализ проб топлива был проведен в Центральной лаборатории топлив и масел НТЦ ПАО «КАМАЗ». В ходе анализа проб топлива определялись:

- цетановое число и цетановый индекс по ГОСТ 3122-67, ГОСТ Р 52708-2007;
- кинематическая вязкость по ГОСТ 33-2000;
- плотность по ГОСТ Р 51069-97;
- фракционный состав по ASTM D 86-01 (выборочно);
- температура вспышки в закрытом тигле по ГОСТ 6356-75;
- температура помутнения по ГОСТ 5066-91;
- предельная температура фильтрования по ГОСТ 22254-92;
- массовая доля серы по ГОСТ Р 51947-2002;
- содержание воды по ГОСТ 2477-65;
- смазывающая способность по EN ISO 12156:1/2000 (выборочно).



Таблица 2 – Влияние показателей качества ДТ на работу дизеля

Показатель дизельного топлива	Влияние показателя на работу дизеля
Цетановое число	Повышение: снижение полноты сгорания, ухудшение топливной экономичности, увеличение выбросов твердых частиц;
	Снижение: увеличение жесткости работы двигателя, увеличение нагрузки на подшипники и их преждевременный износ и выход из строя, увеличение износа деталей цилиндропоршневой группы (ЦПГ), улучшение пусковых свойств при низких температурах.
Фракцион- ный состав	Легкий фракционный состав: увеличение жесткости работы двигателя, увеличение нагрузки на подшипники и их преждевременный износ и выход из строя, увеличение износа деталей ЦПГ, улучшение пусковых свойств при низких температурах, износ элементов топливной аппаратуры (ТА)
	Тяжелый фракционный состав: износ ТА, ухудшение качества смесеобразования, нагарообразование и закоксовывание форсунок, повышение дымности, износ деталей двигателя
Плотность	Высокая плотность: ухудшение качества распыливания ДТ, снижение полноты сгорания ДТ, увеличение сопротивления прокачиванию ДТ по системе, ухудшение низкотемпературных свойств
	Низкая плотность: чрезмерное распыливание ДТ и его подтекание через зазоры ТА, ухудшение распыливания ДТ, увеличение расхода ДТ, повышение износа элементов ТА
Содержание серы	Высокое содержание серы: увеличение выбросов твердых частиц, ухудшение экологических характеристик двигателя, повышение коррозионной активности топлива и продуктов его сгорания, увеличение износа деталей двигателя и топливной аппаратуры, повышенное нагарообразование, увеличение токсичности отработанных газов, снижение срока смены масла

Зольность	Высокая зольность: повышение нагарообразования, увеличение абразивности ДТ и продуктов его сгорания, повышенный износ деталей двигателя.
Вязкость	Высокая вязкость: ухудшение качества распыливания ДТ, снижение полноты сгорания ДТ, увеличение сопротивления прокачиванию ДТ по системе, ухудшение низкотемпературных свойств
	Низкая вязкость: чрезмерное распыливание ДТ и его подтекание через зазоры ТА, ухудшение распыливания ДТ, увеличение расхода ДТ, повышение износа элементов ТА

Получены следующие результаты мониторинга показателей качества дизельного топлива. Общее количество результатов анализа ДТ в 2022 г. составило 97 отобранных проб. Из них: в Татарстане – 57; в Ульяновской области – 4; в Нижнем Новгороде – 4; в Башкирии, Омске и Крыму – по 3; в других 26 регионах России от 1 до 2 проб.

В ходе определения содержания серы в пробах дизельного топлива было установлено:

– 90,1% проб соответствуют требованиям ГОСТ 32511-2013 (содержание серы не более 350 ppm);

– 6,2% проб соответствуют требованиям ГОСТ 305-2013 [15] (содержание серы более 350 ppm).

Из них:

– проб ДТ экологического класса 3 не поступало;

– экологическому классу 4 соответствует 10,3%;

– экологическому классу 5 соответствует 80,4%.

По показателю «содержание серы» не соответствует требованиям нормативной документации 3,1% топлива (3 пробы).

Результаты мониторинга качества дизельного топлива по показателю «содержание серы» (по экологическим уровням) в 2022 г. представлены на рис. 1.

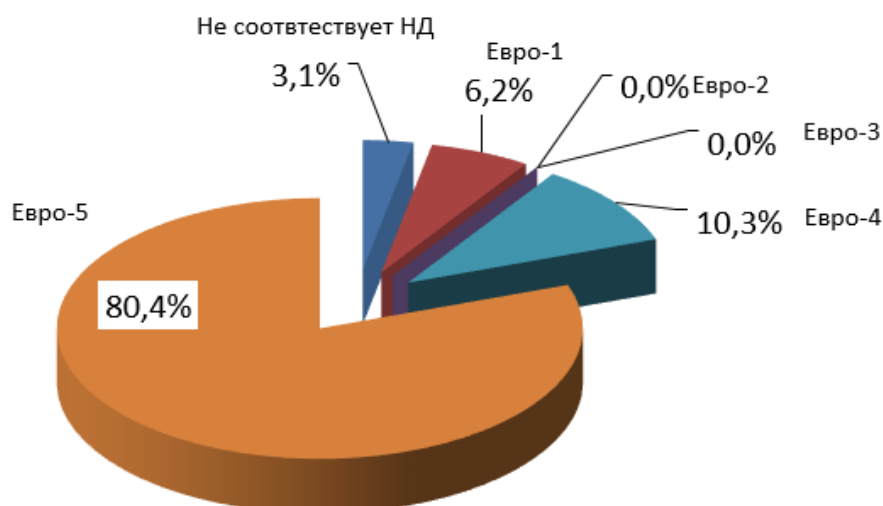


Рисунок 1. Распределение количества проб топлива, поступивших в 2022 г., по экологическим уровням

В ходе анализа поступивших проб ДТ было установлено, что преобладающие отклонения имеют следующие показатели (см. табл. 3):

- цетановое число и цетановый индекс;
- температура вспышки в закрытом тигле;
- предельная температура фильтруемости;
- массовая доля серы;
- содержание воды.

Значения остальных показателей не имеют отклонений от ГОСТ 32511-2013, либо их отклонения единичны и незначительны.

Далее была произведена сравнительная оценка значимости оценочных показателей качества дизельного топлива, имеющих весомые отклонения в ходе эксплуатации.

Из табл. 3 следует, что наибольшее число отклонений показателей ДТ приходится на содержание серы. По этому показателю наблюдается наибольшее количество отклонений – 19,6%. В связи с этим, за оценочный показатель качества ДТ было принято содержание серы.

Таблица 3 – Количество проб с отклонениями по основным показателям ДТ

Показатели	Значение для летнего топлива	Значение для зимнего топлива	Количество проб ДТ с отклонениями
Цетановое число, не менее	51	49	3,1 %
Цетановый индекс, не менее	46	46	3,1 %
Кинематическая вязкость при 40 °С, мм <sup>2</sup> /с	2,00–4,50	1,50–4,00	0 %
Плотность при 15 °С, кг/м <sup>3</sup>	820–845	800–840	0 %
Температура вспышки в закрытом тигле, °С, выше	55		6,2 %
Температура помутнения, °С	значение для сорта	значение для класса	0 %
Предельная температура фильтруемости, °С	значение для сорта	значение для класса	2,1 %
Массовая доля серы, ppm	экологический класс 5, не более 10		19,6 %
Содержание воды, мг/кг, не более	200		5,2 %

Проведённое исследование позволяет сделать следующие выводы:

1. Несмотря на то, что с июля 2016 г. согласно «Техническому регламенту таможенного союза» ТР ТС 013/2011 [1] предусмотрен выпуск в обращение дизельного топлива не ниже 5-го экологического класса, в эксплуатации присутствует ДТ с высоким содержанием серы – т.н. суррогатное топливо. При этом доля топлива экологического класса 5 составила в 2022 г. 80,4%, а доля топлива с содержанием серы более 2000 ppm, не соответствующего нормативной документации – 3,1%.
2. Наибольшее число отклонений приходится на показатель «содержание серы» – до 19,6%.

3. На суррогатное топливо имеется стабильный спрос. Причины такого положения объясняются наличием коммерческого транспорта с дизельными двигателями экологического класса 3 и ниже.

В заключение необходимо отметить, что, учитывая недоступность многих комплектующих для сервисного обслуживания и ремонта автомобильных дизелей уровня Евро-5, и существенное увеличение цен на имеющиеся в наличии запчасти, в современных условиях санкционных ограничений применение суррогатов дизельного топлива вместо топлива Евро по ГОСТ 32511-2013 может нанести существенный ущерб автоперевозчикам, эксплуатирующим современные высокотехнологичные коммерческие автомобили. Соблюдение рекомендаций производителя автомобильной техники в части характеристик применяемого дизельного топлива позволит эксплуатировать коммерческие автомобили длительно, надежно и бездефектно.

В результате исследований свойств дизельного топлива были предложены следующие рекомендации:

Для исключения заправки коммерческих автомобилей суррогатным ДТ и повышения культуры технического обслуживания и эксплуатации автомобилей необходимо регулярно проводить подготовку и переподготовку персонала сервисных центров и водителей в связи с постоянным ростом числа автомобилей с двигателями экологического уровня Евро-5.

Для предупреждения внепланового ремонта двигателей коммерческих автомобилей, их простоев, срыва графиков перевозок и исключения репутационных потерь автоперевозчика, требуется на постоянной основе проводить мониторинг качества показателей ДТ.

На уровне государственных органов (Росстандарт, Департамент природопользования и охраны окружающей среды, органы прокуратуры и Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии) необходимо проводить проверку деятельности АЗС на предмет выявления суррогатных ДТ. На основе результатов проверки АЗС сформировать в доступном виде (электронный ресурс, мобильное приложение и др.) информацию с перечнем АЗС, реализующих суррогатное ДТ.

Предлагаемый комплекс мероприятий позволит, по мнению авторов, существенно повысить производительность подвижного состава автомобильного транспорта за счёт обеспечения высокого уровня безотказности и долговечности дизельных двигателей. Постоянное наблюдение за показателями качества дизельного топлива в ходе эксплуатации автомобилей при заправке на АЗС, техническом обслуживании и ремонте даст возможность реализовать высокий уровень сервисных услуг на автомобильном транспорте.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ТР ТС 013/2011 : Технический регламент Таможенного союза «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту» (с изменениями на 19 декабря 2019 года) : сайт. – URL : <https://docs.cntd.ru/document/902307833?ysclid=lg3iq1153a704717368&section=status> (дата обращения 05.04.2023). – Текст : электронный.

2. ГОСТ 32511-2013 (EN 590:2009). Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия : принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 14 ноября 2013 г. №44) Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 ноября 2013 г. №1870-ст : введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 ноября 2013 г. №1870-ст с 1 января 2015 г. : сайт. – URL : <https://docs.cntd.ru/document/1200108413?marker=7E60KG&section=text> (дата обращения 05.04.2023). – Текст : электронный.

3. Neftegaz.RU : О’ пять менять!? Итоги конференции Дизель 2015 : сайт. – URL : <https://neftegaz.ru/analysis/petroleum/328710-o-pyat-menyat-itogi-konferentsii-dizel-2015/?ysclid=lg3j6ixxgp655126118> (дата обращения 05.04.2023). – Текст : электронный.

4. Биржа грузоперевозок и крупнейшая экосистема сервисов для транспортной логистики в России и СНГ : Росстандарт сообщил о

сокращении доли суррогатного топлива на АЗС : сайт. – URL : <https://news.ati.su/news/2020/02/18/rosstandart-soobschil-o-sokraschenii-doli-surrogatnogo-topliva-na-azs-128787/> (дата обращения 05.04.2023). – Текст : электронный.

5. Биржа грузоперевозок и крупнейшая экосистема сервисов для транспортной логистики в России и СНГ : Шестая часть хуже: около 15 % дизельного топлива в России – суррогат. Больше всего проблем с зимним горючим, каждый четвертый литр которого – подделка. Михаил Калмацкий : сайт. – URL : <https://news.ati.su/news/2020/02/18/rosstandart-soobschil-o-sokraschenii-doli-surrogatnogo-topliva-na-azs-128787/> (дата обращения 05.04.2023). – Текст : электронный.

6. Петромаркет : Суррогаты моторных топлив: как их победить? / И.А. Хомутов, Н.Н. Баранов, А.А. Кузнецов : сайт. – URL : [https://www.petromarket.ru/upload/iblock/35c/Fuels\\_Surrogates\\_Petromarket\\_01\\_2019.pdf](https://www.petromarket.ru/upload/iblock/35c/Fuels_Surrogates_Petromarket_01_2019.pdf) (дата обращения 05.04.2023). – Текст : электронный.

7. Кулаков А.Т. Анализ путей обеспечения эксплуатационной надежности силовых агрегатов автомобилей КАМАЗ / А.Т. Кулаков, Ф.Л. Назаров, С.Ю. Коваленко, К.В. Грибков. – Текст : непосредственный // Прогрессивные технологии в транспортных системах. XIII международная научно-практическая конференция : сборник статей. Оренбург, 15-17 ноября 2017 г. – Оренбург: Изд-во ОГУ, 2017. – С. 154–158.

8. Барыкин А.Ю. Исследование взаимосвязи эксплуатационных параметров и ресурса автомобильного двигателя / А.Ю. Барыкин, Д.И. Нуретдинов, А.М. Фролов, С.М. Кучев. – Текст : непосредственный // Научно-технический вестник Поволжья, 2019. – № 3. – С. 43–45.

9. Галиев Р.М. Методика определения остаточного ресурса двигателя внутреннего сгорания по давлению картерных газов / Р.М. Галиев, А.Ю. Барыкин, Д.И. Нуретдинов [и др.]. – Текст : непосредственный // Научно-технический вестник Поволжья, 2021. – № 4. – С. 25–27.

10. ГОСТ 10585-99. Топливо нефтяное. Мазут. Технические условия : межгосударственный стандарт : издание официальное : введен в действие постановлением Государственного комитета РФ по стандартизации и

метрологии от 21 сентября 1999 г. №298-ст). С изм. и дополн. от 23 сентября 2008 г. Oil fuel. Mazut. Specifications. Дата введения 1 января 2001 г. // ГАРАНТ.РУ : Информационно-правовой портал. – URL: <https://base.garant.ru/58054322/>. (дата обращения 05.04.2023). – Текст : электронный.

11. Кукушкин А.А. Сравнительная оценка эксплуатационных свойств дизельных топлив с различным содержанием серы / А.А. Кукушкин, В.С. Азев, Г.В. Щербаненко. – Текст : непосредственный // Материалы семинара «Химмотология». – Москва: Московский дом научно-технической пропаганды имени Ф.Э. Дзержинского, 1979. – С. 16–19.

12. Тимохова О.М. Влияние сернистых соединений топлива на коррозионный износ деталей машин / О.М. Тимохова, Р.С. Тимохов. – Текст : непосредственный // Воронежский научно-технический вестник. – 2014. – № 3. – С. 122–126.

13. Корнеев С.В. Влияние качества дизельного топлива на работу двигателя / С.В. Корнеев, С.В. Пашукевич, Д.С. Рыбальский [и др.]. – Текст : непосредственный // Омский научный вестник. – 2017. – №2. – С. 13–16.

14. Руднев С.Г. Цетановое число дизельного топлива и его влияние на качество горения / С.Г. Руднев. – Текст : непосредственный // Новая наука, традиции, инновации. Кубанский государственный аграрный университет им. А. Трубилина. Том 2. – 2017. – № 4. – С. 220–222.

15. ГОСТ 305-2013. Топливо дизельное. Технические условия : межгосударственный стандарт : издание официальное : принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 14 ноября 2013 г. №44) : введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 января 2015 г. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 ноября 2013 г. №1871-ст // Консорциум КОДЕКС : Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/499078043#64U0IK>. (дата обращения 05.04.2023). – Текст : электронный.



## НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

*М.Ф. Тетерин,*

Научно-технический центр ПАО «КАМАЗ»,  
г. Набережные Челны, Республика Татарстан

*А.Ю. Барыкин, А.А. Гафиятуллин*

Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского)  
федерального университета, г. Набережные Челны, Республика Татарстан

**Аннотация:** в статье показана актуальность проблемы применения суррогатного дизельного топлива при эксплуатации грузовых автомобилей. Приведены результаты определения содержания серы в дизельном топливе в ходе эксплуатационных испытаний автомобилей КАМАЗ с 2011 по 2022 год. Даны рекомендации по обеспечению использования автомобильного дизельного топлива.

**Ключевые слова:** дизельное топливо, содержание серы, суррогатное топливо, остаточный ресурс, условия эксплуатации.

## SOME RESULTS OF PHYSICO-CHEMICAL ANALYSIS OF DIESEL FUEL

*M.F. Teterin*

Scientific and Technical Center of KAMAZ PJSC, Naberezhnye Chelny, Tatarstan

*A.Y. Barykin, A.A. Gafiyatullin*

Naberezhnochelninsky Institute (Branch) Kazan (Volga Region)  
Federal University, Naberezhnye Chelny, Tatarstan

**Abstract:** the article shows the relevance of the problem of using surrogate diesel fuel in the operation of trucks. The results of determining the sulfur content in diesel fuel during operational tests of KAMAZ vehicles from 2011 to 2022 are presented. Recommendations are given to ensure the use of automotive diesel fuel.

**Keywords:** diesel fuel, sulfur content, surrogate fuel, residual resource, operating conditions.

Длительная и бездефектная эксплуатация коммерческого автомобиля возможна только при использовании качественного дизельного топлива (ДТ), соответствующего рекомендациям производителя. Согласно техническому регламенту ТР ТС 013/2011 [1] автомобильное дизельное топливо – это жидкое топливо, предназначенное для использования в двигателях внутреннего сгорания с воспламенением от сжатия. Автомобильное ДТ имеет комплекс физико-химических характеристик, позволяющих обеспечивать работу топливной аппаратуры, необходимое протекание рабочего процесса в двигателе, а также его мощностные и экологические показатели. Одной из проблем эксплуатации автомобилей с дизельными двигателями является присутствие на рынке суррогатного ДТ, существенно отличающегося от ДТ по ГОСТ 32511-2013 [2]. Под суррогатным ДТ будем понимать топливо, не соответствующее ГОСТ 32511-2013 и ТР ТС 013/2011 и не являющееся автомобильным.

Несмотря на то, что относительное количество используемого суррогатного ДТ за последнее время снизилось (с 25...30 % в 2015 г. до 8...15 % в 2020 г. [3, 4, 5]), проблема обеспечения автомобильной техники качественным ДТ не теряет актуальности. Исследователи отмечают, что автомобильное дизельное топливо в России является самым фальсифицируемым [5].

Исследовательская группа «Петромаркет» провела анализ проблемы суррогатных топлив в России [6]. Авторы исследования отмечают, что суррогатное дизельное топливо (ДТ) представляет из себя, в основном, среднестиллятные фракции атмосферной перегонки нефти. Содержание серы в суррогатном дизельном топливе может значительно превышать содержание серы в топливе, произведенном согласно требованиям ГОСТ 32511-2013 [2] и техническому регламенту ТР ТС 013/2011 [1]. При этом ухудшаются и другие характеристики топлива (цетановое число, температура вспышки, температура предельной фильтруемости и т.д.).

Применение суррогатного топлива может оказать негативное влияние на остаточный ресурс двигателя, так как изменение характеристик топлива связано с показателями процесса горения топливно-воздушной смеси, образованием стойких отложений на деталях цилиндропоршневой группы,

изнашиванием пар трения [7, 8, 9]. Необходимо также принимать во внимание изменение природно-климатических условий при круглогодичной эксплуатации подвижного состава, так как суррогатные виды топлива могут стать причиной снижения эффективности процессов подачи и смесеобразования [10, 11].

Суррогатное ДТ может производиться как нефтеперегонными заводами (НПЗ), так и мини-НПЗ под видом неподакцизных нефтепродуктов, фракций дизельного топлива и т.д., и реализовываться, минуя автозаправочные станции (АЗС) прямой доставкой в автотранспортные предприятия (АТП). Установлено, что применение суррогатного топлива существенно повышает возможность выходя из строя элементов топливной аппаратуры и систем нейтрализации.

Под показателями качества ДТ будем понимать его основные характеристики, регламентированные ГОСТ 32511-2013 [2]. С целью определения показателей качества заправляемого ДТ, исключения применения суррогатного ДТ для эксплуатации автомобилей КАМАЗ, с 2011 года проводился физико-химический анализ применяемого топлива в ходе эксплуатационных испытаний, а также в ходе технического обслуживания автомобилей КАМАЗ в автоцентрах. Отбор проб ДТ проводился на АЗС во время заправки и с баков автомобилей в ходе проведения технического обслуживания.

Анализ проб топлива проводился в Центральной лаборатории топлив и масел НТЦ ПАО «КАМАЗ». В ходе анализа проб ДТ определялись:

- цетановое число и цетановый индекс по ГОСТ 3122-67, ГОСТ Р 52708-2007;
- кинематическая вязкость по ГОСТ 33-2000;
- плотность по ГОСТ Р 51069-97;
- фракционный состав по ASTM D 86-01 (выборочно);
- температура вспышки в закрытом тигле по ГОСТ 6356-75;
- температура помутнения по ГОСТ 5066-91;
- предельная температура фильтрования по ГОСТ 22254-92;
- массовая доля серы по ГОСТ Р 51947-2002;
- содержание воды по ГОСТ 2477-65;
- смазывающая способность по EN ISO 12156:1/2000 (выборочно).

За оценочный показатель качества ДТ было принято содержание серы, т.к. по этому показателю наблюдается наибольшее количество отклонений – до 20 %. Отклонения по другим показателям ДТ носят единичный характер.

Количество отобранных проб ДТ в 2022 г. составило 97 шт. Из них: в Татарстане – 57 шт.; в Ульяновской области – 4 шт.; в Нижнем Новгороде – 4 шт.; в Башкирии, Омске и Крыму – по 3 шт.; в других 26 регионах России от 1 до 2 проб.

В ходе определения содержания серы в пробах ДТ было установлено:

– 90,1% проб соответствуют требованиям ГОСТ 32511-2013 (содержание серы не более 350 ppm);

– 6,2% проб соответствуют требованиям ГОСТ 305-2013 [12] (содержание серы более 350 ppm).

Из них:

– проб ДТ экологического класса 3 не поступало;

– экологическому классу 4 соответствует 10,3%;

– экологическому классу 5 соответствует 80,4%.

По показателю «содержание серы» не соответствует требованиям нормативной документации 3,1% топлива (3 пробы).

По России проба с минимальным содержанием серы 2,15 мг/кг отобрана в Нижнем Новгороде, проба с максимальным содержанием серы 2930 мг/кг отобрана в Крыму. Распределение количества проб топлива, поступивших в 2022 году, по содержанию серы представлено на рисунке 1.

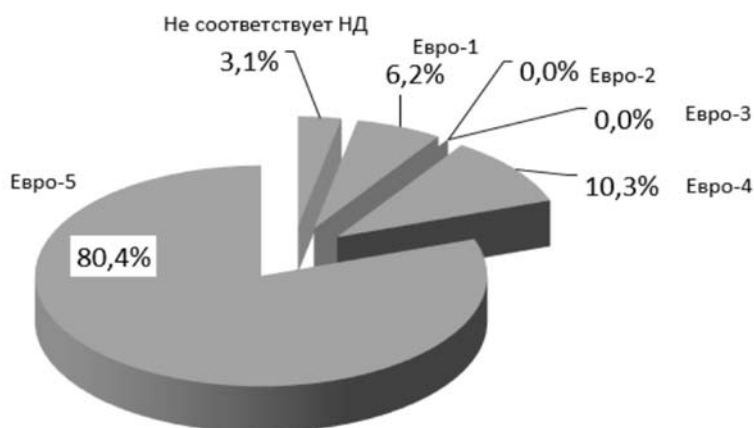


Рисунок 1. Распределение количества проб топлива по содержанию серы

За период исследований с 2011 по 2022 год было установлено:

– доля топлива с содержанием серы менее 10 мг/кг (экологического класса 5) выросла с 0 до 80,4 % в 2022 г., при чем в 2015, 2018 и 2019 гг. наблюдается снижение его количества, что объясняется увеличением доли топлива с содержанием серы от 10 до 50 мг/кг (экологического класса 4).

– доля топлива с содержанием серы от 10 до 50 мг/кг (экологического класса 4) выросла к 2015 г. до 46,7 %, но к 2022 г. снизилась до 10,3 %, при чем в 2015 г. наблюдается снижение его количества до 8,5 % с последующим ростом до 36,7 % в 2018 г.

– доля топлива с содержанием серы от 50 до 350 мг/кг (экологического класса 3) снизилась с 40 % в 2011 г. до 0 % в 2022 г., при этом в 2012 г. доля этого топлива составляла 58 %;

– доля топлива с содержанием серы от 350 до 500 мг/кг (экологического класса 2) снизилась с 23 % до 0 %;

– доля топлива с содержанием серы от 500 до 2000 мг/кг снизилась с 29 % до 6,2 % в 2022 г., в 2016 г. доля топлива увеличилась до 16,9 % с последующим снижением до 2,5 %;

– доля топлива с содержанием серы более 2000 мг/кг (не соответствующего нормативной документации) незначительна, и в 2022 г. составила 3,1 %, при этом в 2013 г. наблюдался значительный рост его количества до 20,8 % с последующим снижением.

В результате физико-химического анализа проб ДТ в ходе эксплуатационных испытаний автомобилей КАМАЗ с 2011 по 2022 гг. установлено:

1. Количество ДТ с большим содержанием серы ежегодно снижается.

2. Проведенный контроль показателей ДТ позволил исключить заправку на АЗС, реализующих ДТ, не соответствующее требованиям ГОСТ 32511-2013.

3. Контроль показателей качества ДТ является эффективным инструментом, позволяет выявить и исключить применение суррогатного топлива в эксплуатации автомобиля.

4. Выявленные несоответствия показателей качества ДТ в ходе испытаний автомобилей КАМАЗ говорят о необходимости дополнительных мероприятий по контролю за работой АЗС, НПЗ, мини-НПЗ, нефтебаз и АТП.

5. С целью повышения качества технического обслуживания и эксплуатации коммерческих автомобилей необходимо регулярно уделять внимание подготовке водителей автотранспортных предприятий и специалистов автоцентров.

Мониторинг показателей качества ДТ и обеспечение надлежащего уровня профессиональной подготовки водителей автомобилей позволит, по мнению авторов, добиться снижения уровня отказов, повышения долговечности и сокращения потребности в текущем ремонте двигателей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ТР ТС 013/2011 : Технический регламент Таможенного союза «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту» (с изменениями на 19 декабря 2019 года) : сайт. – URL : <https://docs.cntd.ru/document/902307833?ysclid=lg3iq1153a704717368&section=status> (дата обращения 05.04.2023). – Текст : электронный.

2. ГОСТ 32511-2013 (EN 590:2009). Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия : принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 14 ноября 2013 г. №44) Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 ноября 2013 г. №1870-ст : введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 ноября 2013 г. №1870-ст с 1 января 2015 г. : сайт. – URL : <https://docs.cntd.ru/document/1200108413?marker=7E60KG&section=text> (дата обращения 05.04.2023). – Текст : электронный.

3. Neftegaz.RU : О'пять менять!? Итоги конференции Дизель 2015 : сайт. – URL : <https://neftegaz.ru/analysis/petroleum/328710-o-pyat-menyat-itogi-konferentsii-dizel-2015/?ysclid=lg3j6ixxgp655126118> (дата обращения 05.04.2023). – Текст : электронный.

4. Биржа грузоперевозок и крупнейшая экосистема сервисов для транспортной логистики в России и СНГ : Росстандарт сообщил о сокращении доли суррогатного топлива на АЗС : сайт. – URL : <https://news.ati.su/news/2020/02/18/rosstandart-soobschil-o-sokraschenii-doli-surrogatnogo-topliva-na-azs-128787/> (дата обращения 05.04.2023). – Текст : электронный.

5. Биржа грузоперевозок и крупнейшая экосистема сервисов для транспортной логистики в России и СНГ : Шестая часть хуже: около 15 % дизельного топлива в России – суррогат. Больше всего проблем с зимним горючим, каждый четвертый литр которого – подделка. Михаил Калмацкий : сайт. – URL : <https://news.ati.su/news/2020/02/18/rosstandart-soobschil-o-sokraschenii-doli-surrogatnogo-topliva-na-azs-128787/> (дата обращения 05.04.2023). – Текст : электронный.

6. Петромаркет : Суррогаты моторных топлив: как их победить? / И.А. Хомутов, Н.Н. Баранов, А.А. Кузнецов : сайт. – URL : [https://www.petromarket.ru/upload/iblock/35c/Fuels\\_Surrogates\\_Petromarket\\_01\\_2019.pdf](https://www.petromarket.ru/upload/iblock/35c/Fuels_Surrogates_Petromarket_01_2019.pdf) (дата обращения 05.04.2023). – Текст : электронный.

7. Кулаков А.Т. Анализ путей обеспечения эксплуатационной надежности силовых агрегатов автомобилей КАМАЗ / А.Т. Кулаков, Ф.Л. Назаров, С.Ю. Коваленко, К.В. Грибков. – Текст : непосредственный // Прогрессивные технологии в транспортных системах. XIII международная научно-практическая конференция : сборник статей. Оренбург, 15-17 ноября 2017 г. – Оренбург: Изд-во ОГУ, 2017. – С. 154–158.

8. Нуретдинов Д.И. Разработка математической модели оценки остаточного ресурса автомобильного двигателя / Д.И. Нуретдинов, А.Ю. Барыкин, Р.М. Галиев, З.А. Аюкин. – Текст : непосредственный // Научно-технический вестник Поволжья, 2020. – № 2. – С. 75–77.

9. Барыкин А.Ю. Системный анализ оценочных показателей ресурса автомобильного двигателя / А.Ю. Барыкин, Р.М. Галиев, Д.И. Нуретдинов, А.М. Фролов. – Текст : непосредственный // Научно-технический вестник Поволжья, 2020. – № 1. – С. 15–17.

10. Калимуллин Р.Ф. Эффективность предпускового подогрева автомобильного двигателя / Р.Ф. Калимуллин // Вестник Сибирской автомобильно-дорожной академии. – 2015. – № 1. – С. 11–17.

11. Barykin A.Yu. The research of thermal processes of the automobile chassis / Barykin A.Yu., Takhaviev R.Kh., Samigullin A.D. // International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development. – 2018. – Vol. 8, Special Issue 8, Oct 2018, 458–464.

12. ГОСТ 305-2013. Топливо дизельное. Технические условия : межгосударственный стандарт : издание официальное : принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 14 ноября 2013 г. №44) : введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 января 2015 г. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 ноября 2013 г. №1871-ст // Консорциум КОДЕКС : Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/499078043#64U0IK>. (дата обращения 05.04.2023). – Текст : электронный.



# ВОССТАНОВЛЕНИЕ И УПРОЧНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

УДК 631.312.021.3

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПЛУЖНЫХ ЛЕМЕХОВ

*И.В. Люляков, А.С. Берёзкин*

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

**Аннотация:** в статье представлены результаты анализа методов восстановления работоспособности плужного лемеха. Представлены основные методы восстановления работоспособности плужных лемехов.

**Ключевые слова:** лемех, методы восстановления, термоупрочнение.

## RESTORATION OF THE PLOUGHSHARES OPERABILITY

*I.V. Lyulyakov, A.S. Berezkin*

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

**Abstract:** the article presents the results of the analysis of methods for restoring the operability of the plowshare. The main methods of restoring the operability of plowshares are presented.

**Keywords:** plowshare, recovery methods, thermal hardening.

Одним из методов восстановления плужных лемехов является кузнечная оттяжка. При этом способе устранение износа осуществляется за счёт запаса металла «магазина» с тыльной стороны лемеха. Способ заключается в деформировании предварительно нагретого носка лемеха с целью придания ему необходимых размера и формы. Оттяжку лемеха из стали (Л53 Л65) осуществляется в следующем температурном диапазоне: 1300 °С – начало деформации стали, 800 °С – конец обработки (ковки) [1].

Оттяжка производится вручную либо на молотах различного принципа действия.

К недостаткам кузнечной оттяжки можно отнести:

1) Лемех подлежит оттяжке в тех случаях, когда его ширина уменьшается на 10 мм и когда длина носка уменьшается на 25 мм по сравнению с формами нового лемеха долотообразной формы.

2) Трудность с соблюдением температурных режимов оттяжки иковки

3) Отсутствие в большинстве предприятий кузнечно-горнового оборудования, оснастки и инструмента.

Известен способ восстановления плужных лемехов наплавкой. При этом способе зону лучевидного износа наплавляют малоуглеродистым электродным материалом с последующей оттяжкой носка. Далее производят упрочнение восстановленной поверхности путем наплавки валиков износостойкими электродами [2].

Недостатком данного способа следует считать: сложность получения качественного покрытия, возникновение термических деформаций, склонность к трещинообразованию.

Широкие возможности по увеличению долговечности лемехов заключены в технологиях, основанных на методе компенсирующих термоупрочненных элементов. Данные технологии нашли широкое внедрение в практике эксплуатации лемехов в силу их простоты, возможности использования вторичных ресурсов – утративших ресурс листов рессор, повышенного ресурса, одновременного устранения износов: лучевидного, заглубляющей части и полевого обреза.

Метод предполагает несколько технологических схем: приварка сменной пластины, приварка носка вдоль линии лезвия [3], приварка компенсирующего элемента встык после удаления предельно изношенного носка или внахлест поверх изношенной части [4]. В свою очередь, эти варианты могут быть дополнены упрочняющими воздействиями.

Большинство данных способов просты в реализации, не требуют больших вложений за счёт использования вторсырья. Но возникновение зоны термические воздействия вдоль линии шва и склонность к трещинообразованию являются существенными недостатками.

В настоящее время большое распространение у фирм-производителей плугов (Lemken, Kverneland) получили составные лемеха. Накладное долото составного лемеха, так же, как и носок цельного лемеха, при работе является наиболее быстро изнашивающейся частью. В случае достижения предельного износа носовой части цельный лемех выбраковывают полностью, тогда как на составном в большинстве случаев достаточно поменять лишь одно долото в случае применения одностороннего долота, или развернуть на 180 в случае двухстороннего долота.

В связи с проведенным анализом нами предлагается в технологии восстановления лемеха с использованием цельного двустороннего компенсирующего элемента в форме долота. К изношенному лемеху компенсирующий элемент в виде двухстороннего термоупрочнённого долота из рессорной стали крепится резьбовым соединением с помощью потайных болтов (рисунок 1).

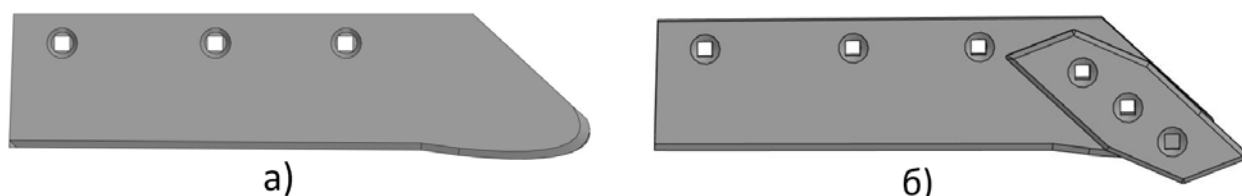


Рисунок 1. Стадии состояния лемеха:

а) – изношенный; б) – восстановленный

Преимущества технологии:

- 1) Дешевизна замены одного долота, а не цельного лемеха.
- 2) Долото закрывает носовую часть лемеха и тем самым увеличивает прочность последнего в случае наезда на препятствие (камни и т.п.).

3) Проведенные исследования показали, что лемеха с накладным долотом имеют в 3...5 раз меньше поломок в зоне носка по сравнению с цельными лемехами из-за увеличенной толщины носовой части за счет толщины долота.

Дальнейшие исследования будут направлены на теоретическое и экспериментальное обоснование формы заостренной части компенсирующего долота и способа его упрочнения. Предварительные исследования позволили остановиться на упрочняющей индукционной наплавке высокотвердых порошковых материалов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Охрименко Я.М. Технология кузнечно-штампового производства: учебник для вузов / Я.М. Охрименко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1976. – 559 с.

2. Патент RU 2370351. Способ восстановления и упрочнения плужных лемехов устранением лучевидного износа двухслойной наплавкой / Михальченков А.М., Тюрева А.А., Козарез И.В., Комогорцев В.Ф., опубликовано 20.10.2009, Бюл. № 29.

3 Буйлов В.Н., Люляков И.В., Косачев Р.М. Способ восстановления плужных лемехов // Патент России № 2572116, 2015. Бюл. № 36.

4. Михальченков А.М. Использование снятых с эксплуатации листовых рессор при восстановлении плужных лемехов / А.М. Михальченков, М.А. Михальченкова, А.А. Новиков // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – №6. – С. 46–47.

УДК 621.03

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
МЕЖЭЛЕКТРОДНОГО ПРОМЕЖУТКА ПРИ ЭЛЕКТРОИСКРОВОЙ  
ОБРАБОТКЕ ИЗДЕЛИЯ ИЗ СТАЛИ ЭЛЕКТРОДОМ  
ИЗ ОЛОВЯННОЙ БРОНЗЫ**

*Н.А. Панькин, С.В. Ильин*

ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва», г. Саранск, Республика Мордовия

**Аннотация:** в работе представлены результаты измерений электрических характеристик (тока и напряжения) межэлектродного промежутка при электроискровой обработке изделия из стали 35ХГСЛ электродом из оловянной бронзы ERcuSn-C. Использовалось оборудование для нанесения покрытий Alier-31 (НПК "SCINTI", Молдова).

**Ключевые слова:** электроискровая обработка (ЭИО), оловянная бронза, электрические характеристики.

**INVESTIGATION OF THE ELECTRICAL CHARACTERISTICS  
OF THE INTERELECTRODE GAP DURING ELECTRIC SPARK  
PROCESSING OF A STEEL PRODUCT WITH  
A TIN BRONZE ELECTRODE**

*N.A. Pan'kin, S.V. Ilin*

Ogarev Mordovia State University, Saransk, Mordovia

**Abstract:** the paper presents the results of measurements of the electrical characteristics (current and voltage) of the interelectrode gap during electric spark

processing of a 35XGSL steel product with an ERCuSn-C tin bronze electrode. Alier-31 coating equipment was used (NPC "SCINTI", Moldova).

**Keywords:** electric spark treatment (EIO), tin bronze, electrical characteristics.

В настоящее время разработано большое количество способов создания упрочняющих покрытий для повышения ресурса деталей различных механизмов и восстановления их эксплуатационных свойств. К ним можно отнести электроискровую обработку (ЭИО) поверхности проводящих материалов [1, 2]. Суть метода ЭИО заключается в переносе вещества расходуемого электрода (анода) на изделие (катод) с формированием поверхностного слоя [1, 3] посредством протекания искрового разряда. Эффективность процесса ЭИО и формируемая поверхность на обрабатываемой детали будет зависеть от параметров разряда. Они будут влиять на протекающие токи – электронный и ионный, а также на расход энергии в процессе ЭИО.

Целью этой работы являлось исследование электрических характеристик межэлектродного промежутка при ЭИО изделия из стали 35ХГСЛ электродом из оловянной бронзы ERCuSn-C по стандарту AWS A5.7-84 (BrOF8-0,3 по ГОСТ 5017–2006).

Измерение электрических характеристик одиночных импульсов проводилось на установке Alier-31 (НПК "SCINTI", Молдова). Электрический ток измерялся с помощью датчика на основе трансформатора тока. Регистрация напряжения между электродом и анодом, а также показания с датчика тока регистрировались с помощью 2-х канального осциллографа RIGOL DS1052E. Блок-схема регистрации электрических параметров приведена на рисунке 1.

Типичные временные зависимости тока и напряжения между электродами представлены на рисунке 2. Для остальных режимов установки ЭИО – 2, 3, 5, 6, 7 формы напряжения и тока выглядят аналогичным образом. Из их обработки рассчитаны энергии одиночного импульса электроискрового разряда. Их значения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Измеренные значения энергии одиночного импульса установки ЭИО Alier-31

Номер режима	1	2	3	4	5	6	7
Энергия импульса, Дж	0,05	0,06	0,23	0,5	1,1	2,3	5,15

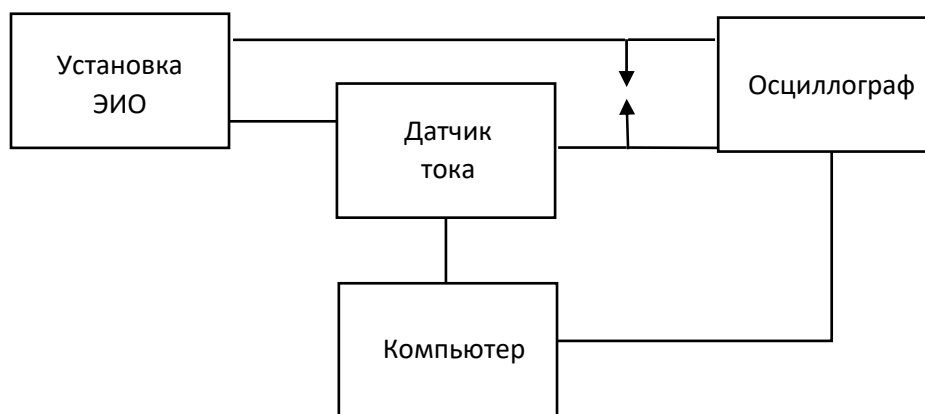
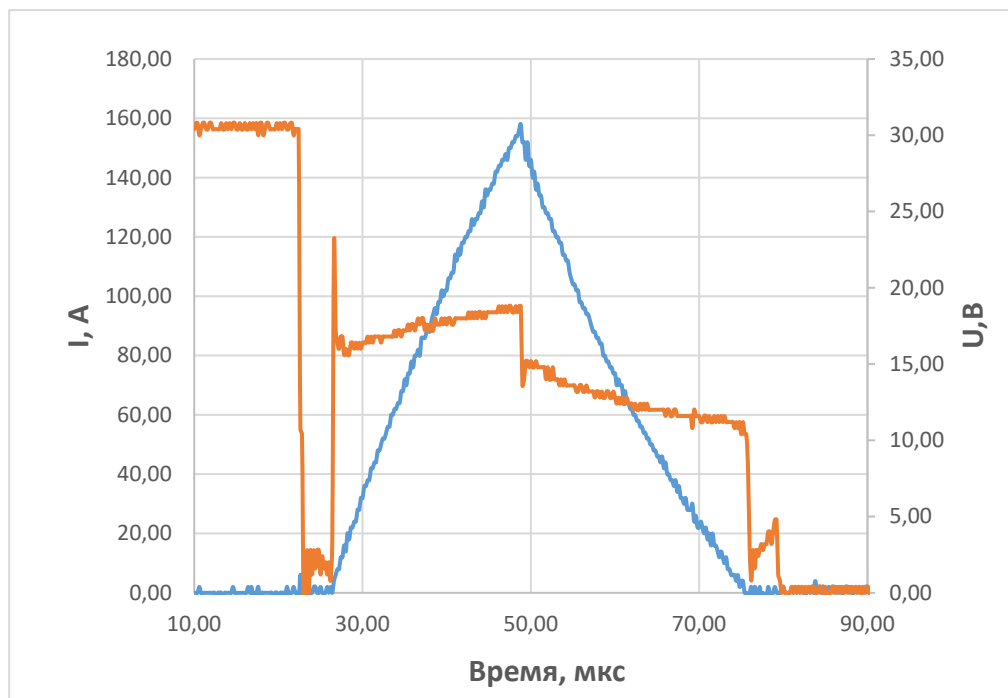
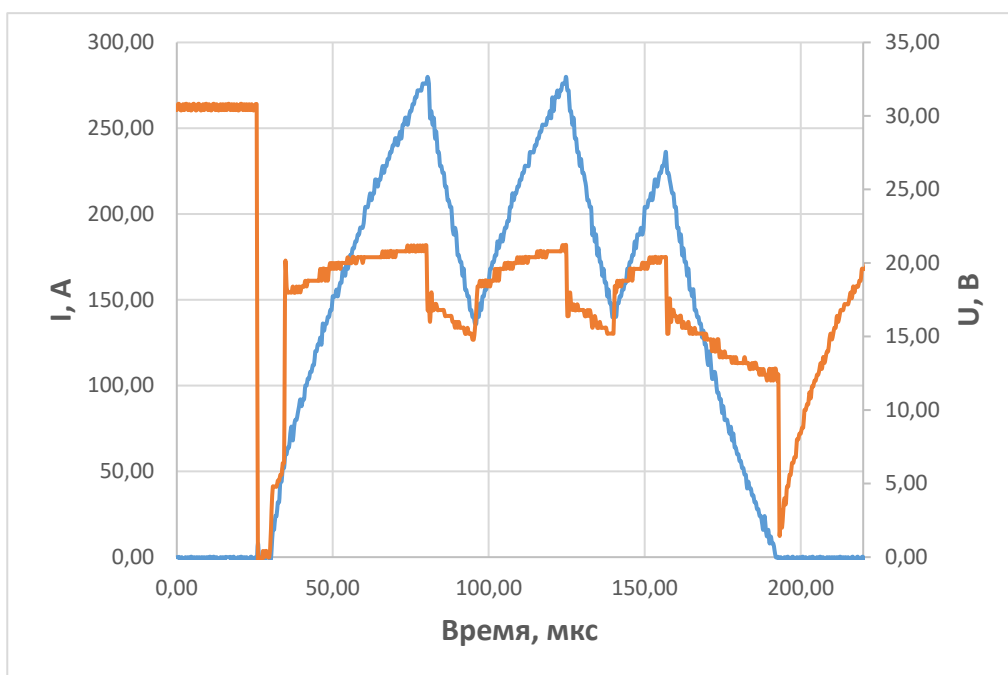


Рисунок 1. Блок-схема установки для измерений электрических параметров межэлектродного промежутка при ЭИО

На зависимостях (см. рис. 2) можно выделить несколько характерных временных интервалов. Начальный участок соответствует моментам времени приближения электрода-анода к поверхности катода. Для него напряжение между электродами максимально и составляет 31 В, а величина силы тока равна нулю. Момент соприкосновения электродов (второй интервал) характеризуется тем, что разность потенциалов между ними и ток равны нулю. В следующий временной интервал непосредственно происходит электроискровой разряд с выделением накопленной в конденсаторах энергии. На заключительном этапе происходит зарядка конденсаторов для последующего разряда (ток через межэлектродный промежуток равен нулю, а напряжение растет). В зависимости от технологического режима работы установки изменяется длительность разряда и подаваемая в межэлектродный промежуток энергия. На форму тока оказывает влияние индуктивность проводов.



а)



б)

Рисунок 2. Временные зависимости тока (синий цвет) и напряжения (оранжевый цвет). Результаты измерений приведены для режимов 1 – а, 4 – б



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурумкулов Ф.Х., Лезин П.П., Сенин П.В. и др. Электроискровые технологии восстановления и упрочнения деталей машин и инструментов (теория и практика). – Саранск: "Красный Октябрь", 2003.

2. Бурумкулов Ф.Х., Величко С.А., Иванов В.И. и др. Восстановление и упрочнение рабочих поверхностей соединения деталей наноструктурированными покрытиями // Ремонт, восстановление, модернизация. 2008. № 3. С. 5–9.

3. Верхотуров А.Д., Муха И.М. Технология электроискрового легирования металлических поверхностей. Киев: Техника, 1982. 182 с.

УДК 67.017

## МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕТАЛЕЙ ТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЗАКАЛКЕ

*Т.В. Соченко, И.Х. Захарова, В.И. Астащенко, А.Г. Панов*

Набережночелнинский институт Казанского (Приволжского) федерального университета, г. Набережные Челны, Республика Татарстан

**Аннотация:** рассмотрен механизм закалки токами высокой частоты деталей, подвергающихся интенсивному износу, показана как зависимость величины удельной мощности, продолжительности нагрева и частоты тока может изменять характер и результаты индукционного нагрева. Описано, как способ и скорость охлаждения влияет на качество закалки токами высокой частоты. Рассмотрено использование закалки ТВЧ на примере рекламационной детали «Вал разжимного кулака» со следами истирания поверхности в зоне закалки ТВЧ. Исследована микроструктура закаленного токами высокой частоты слоя с помощью анализатора фрагментов микроструктуры твердых тел при увеличении  $\times 100$ ,  $\times 500$  и  $\times 1000$ , произведена оценка балла мартенсита по ГОСТ 8233-56, проведено измерение твердости закаленного ТВЧ слоя методом Роквелла по ГОСТ 9013-59.

**Ключевые слова:** индукционная закалка токами высокой частоты (ТВЧ), объемная закалка, упрочнение, закаливаемость, микроструктура, мартенсит, троостит, феррит, аустенит, термическое улучшение.

## METHODS OF INCREASING STRENGTH CHARACTERISTICS TRACTOR MACHINERY PARTS AT SURFACE HARDENIN

*T.V. Sochenko, I.H. Zakharova, V.I. Astashchenko, A.G. Panov*

Naberezhnochelninsky Institute Kazan (Volga Region)  
Federal University, Naberezhnye Chelny, Tatarstan

**Abstract:** the mechanism of quenching with high frequency currents of parts subjected to intensive wear is reviewed. It is shown how the dependence of the value

of specific power, heating duration and current frequency can change the character and results of induction heating. It is described how the method and speed of cooling impacts on the quality of quenching with high frequency currents. The using hardening with HFC is reviewed on the example of a complaint part "Expander cam shaft" with abrasion marks in the zone of HFC hardening. The microstructure of the layer hardened by high frequency currents has been investigated with the help of analyzer of fragments of microstructure of solids at magnification x100, x500 and x1000, the score of martensite has been estimated according to GOST 8233-56, the hardness of the hardened layer has been measured by Rockwell method according to GOST 9013-59.

**Keywords:** induction quenching with high frequency currents (HFC), volume hardening, hardening, hardenability, microstructure, martensite, troostite, ferrite, austenite, thermal improvement.

Одним из важнейших показателей, определяющих спрос на проектируемый объект, является его качество. Обеспечение необходимого качества возможно при удовлетворении эксплуатационных требований, предъявляемых к деталям машин. Работоспособность и надежность детали обеспечиваются за счет выполнения следующих основных требований: прочности, жесткости и стойкости к различным воздействиям (износу, вибрации, температуре и др.). Выполнение требований прочности при статическом, циклическом и ударном нагружениях должно исключить возможность разрушения, а также возникновения недопустимых остаточных деформаций. Должна быть обеспечена износостойкость детали, которая существенно влияет на долговечность работы механизма. Детали, испытывающие максимальные напряжения на поверхности (изгиб, контактные напряжения), для повышения сопротивления усталости подвергают поверхностному упрочнению, в том числе закалке [1].

Поверхностная закалка производится нагревом поверхности внешним и внутренним источниками энергии. При нагреве внешним источником энергии применяется: газопламенная закалка, закалка в электролите, лазерно-лучевая и электронно-лучевая закалка. При нагреве внутренним – электроконтактная и закалка с использованием индукционного нагрева. Так как последний способ является самым массовым и широко применяемым, остановимся на нем

подробнее. Основоположителем метода индукционной термической обработки и промышленного использования токов высокой частоты для нагрева металла является профессор В. П. Вологдин, который разработал теорию индукционного нагрева и создал первые промышленные установки.

Индукционная закалка токами высокой частоты (ТВЧ) является собой один из самых экономичных и технологичных способов упрочнения, т.к. дает возможность закалить всю поверхность детали либо отдельные ее элементы, подвергающиеся интенсивному износу, например, коренные и шатунные шейки коленчатых валов. Такой закалке подвергаются детали двигателя, коробки передач, трансмиссии тракторной техники как стальные, так и чугунные.

Отличительной чертой индукционного нагрева является так называемый поверхностный эффект – ток индуцируется в поверхностных слоях и при достаточно высоких частотах плотность тока на участках детали, значительно отстоящих от поверхности, ничтожно мала. Глубина нагреваемого слоя оценивается по формуле:

$$\delta = 5030 \sqrt{\frac{\rho}{\mu f}}, \text{ см,}$$

где  $\delta$  – глубина нагрева, м;  $\rho$  – удельное электросопротивление, Ом·м;  $\mu$  – магнитная проницаемость, Гн/м;  $f$  – частота тока, Гц [2].

Повышение частоты тока позволяет концентрировать в небольшом объеме детали значительную мощность. Благодаря этому реализуется высокоскоростной (до 500 °С/сек) нагрев только наружных слоёв металла. И чем выше частота тока, тем меньше глубина прогрева, и, соответственно, глубина закалки ТВЧ. Это дает возможность закалить только поверхность заготовки, оставив мягкую и вязкую сердцевину во избежание излишней хрупкости. Малое время выдержки позволяет получить мелкозернистый аустенит и, соответственно, мелкоигльчатый мартенсит.

Такая высокая скорость нагрева передвигает фазовый переход в зону более высокой температуры. При этом твердость возрастает на 2–4 единицы, до 58–62 HRC, чего невозможно добиться при объемной закалке.

Выбирая величину удельной мощности, продолжительность нагрева и частоту тока можно в широких пределах изменять характер и результаты индукционного нагрева. При осуществлении нагрева стали для поверхностной закалки целесообразно применять сравнительно большую (0,5–1,5 кВт/мм<sup>2</sup>)

удельную мощность и сравнительно небольшую продолжительность нагрева (2–10 с). Повышение частоты способствует получению более тонкого нагретого слоя. Фактически уже на частотах звукового диапазона (2000–8000 Гц) можно производить поверхностный нагрев, ограниченный 1–2 мм [2]. Такой режим позволяет подвергать закалке ТВЧ детали небольших размеров.

Из работ И.Н. Кидина известно, что максимальную эксплуатационную прочность поверхностно закалённые цилиндрические изделия диаметром  $d$  получают уже тогда, когда отношение  $x_k/d \geq 0,14$ , где  $x_k$  – глубина слоя, закалённого на мартенсит [5], но не более  $1/3$  поперечного сечения диаметра заготовки.

Оптимальной структурой, обеспечивающей максимальную прочность и износостойкость закалённой поверхности, является структура мелкоигльчатого мартенсита с плавным переходом через структуру троостита к структуре основного металла. При недогреве в структуре закалённого слоя доэвтектоидных сталей будет наблюдаться феррит, при перегреве возникает крупноигльчатый мартенсит, размеры игл в котором тем больше, чем значительнее перегрев в процессе аустенизации [2].

Охлаждение – второй важный этап процесса закалки, от его скорости и равномерности зависит качество и твердость всей поверхности. Охлаждение происходит в баках с охлаждающей жидкостью или орошением поверхности закалочной жидкостью.

Интенсивное охлаждение средой обеспечивают высокую закаливаемость деталей. Интенсивный теплоотвод также обеспечивает струйное охлаждение закалочной жидкостью, подаваемой под давлением не менее 200–300 кПа через отверстия – спрейеры. Отверстия в спрейере должны быть одинакового диаметра и расположены симметрично для равномерного охлаждения заготовки.

При подаче закалочной жидкости без давления будут происходить те же стадии охлаждения, как и в закалочных баках: пленочное кипение (паровая рубашка), пузырьковое кипение и конвективный теплообмен. На стадии пленочного кипения жидкость, подаваемая на раскаленную поверхность металла без давления, совершенно ее не смачивает. Это объясняется тем, что после соприкосновения изделия с жидкостью, часть ее превращается в пар, который сразу же конденсируется более холодной жидкостью. Эта паровая

пленка отделяет раскаленную поверхность металла от падающих капель воды. Теплопередача при пленочном кипении затруднена и ее интенсивность зависит от толщины пленки. Повышение давления жидкости увеличивает кинетическую энергию струи, которая способна «пробивать» паровую пленку, что ускоряет теплоотвод, позволяет избегать стадии образования «паровой рубашки» и переходить сразу к стадии интенсивного охлаждения [3]. Поэтому при струйном охлаждении усиливается закаливающая способность закалочной среды и повышается твёрдость закаливаемой поверхности.

После охлаждения на поверхности металла остаются высокие сжимающие напряжения, которые повышают эксплуатационные свойства детали. Внутренние напряжения между поверхностным слоем и серединой необходимо устранить. Это делается с помощью низкотемпературного отпуска при температуре 150–200 °С. Чтобы избежать появления на поверхности микротрещин, нужно свести к минимуму время между закалкой и отпуском. Для этого некоторые индукторы выполняются совмещенными с системой охлаждения детали. Также применяется закалка с самоотпуском, при которой деталь ускоренно охлаждают до температур низкого отпуска и последующий отпуск происходит на спокойном воздухе за счёт внутреннего тепла самой детали. При этом происходит частичное выделение мелкодисперсных карбидов и в результате возникает структура – мартенсит закалки, мартенсит отпуска, карбиды и сохраняется 2...3 % остаточного аустенита [5].

Для правильного протекания процесса закалки ТВЧ необходимо следить за тем, чтобы сохранялся одинаковый и минимальный зазор между индуктором и заготовкой по всей поверхности закаливания, при этом необходимо исключить их взаимные прикосновения. Это обеспечивается при возможности вращением детали, что позволяет обеспечить равномерный нагрев, и, как следствие, одинаковую структуру и твердость поверхности.

Для качественной закалки необходимо поддерживать стабильную температуру охлаждающей жидкости, не допускать ее перегрева до температур выше 40 °С.

Из-за явления поверхностного эффекта, особенно во время нагрева при повышенных частотах, качество закалки начинает сильно зависеть от параметров шероховатости закаливаемой поверхности, поэтому целесообразно проводить шлифовку деталей перед проведением закалки ТВЧ для получения

стабильной высокой твёрдости и равномерного распределения закалённого слоя.

В зоне острых кромок изделий и прямых углов деталей при закалке ТВЧ часто образуется локальный перегрев из-за концентрации в них токов электромагнитной индукции, с образованием крупноигольчатого мартенсита (рис. 1), что провоцирует скалывания при финальной шлифовке (рис. 2).



Рисунок 1. Увеличение x1000



Рисунок 2. Вид излома

Поэтому на этапе проектирования таких деталей целесообразно закладывать фаски в этих геометрических контурах либо убирать от них зону закалки, если позволяют дальнейшие условия эксплуатации детали.

Также на качество закалки ТВЧ влияет исходная структура самой детали.

В частности, крупные ферритные участки, имеющиеся в исходной – доэвтектоидной стали, не успевают раствориться в аустените при нагреве и остаются в закалённой зоне, при этом резко снижаются механические свойства и износостойкость изделия [5].

Детали, которым предстоит работать в условиях повышенных нагрузок, предварительно подвергают термического улучшению (сочетанию объёмной закали с последующим высоким отпуском), для получения гомогенной структуры сорбита, обеспечивающей максимальную работоспособность детали, либо нормализации, если она приводит к получению дисперсной тонкопластинчатой структуры – сорбита или троостита без избыточного феррита или с мелкими его включениями [5].

Рассмотрим использование закалки ТВЧ на примере рекламационной детали «Вал разжимного кулака», со следами истирания поверхности в зоне закалки ТВЧ (рис. 3).



Рисунок 3. Внешний вид детали

Зона износа

Измерение твёрдости поверхности проводилось методом Роквелла ГОСТ 9013-59. Твердость закаленной ТВЧ поверхности по рабочему профилю кулака составляет 54 HRC...56 HRC. Исследование микроструктуры проводилось на микроскопе OLYMPUS GX53 при увеличении x100, x500 и x1000. Толщина закаленного ТВЧ слоя в зоне истирания представлена на рисунке 4. Микроструктура закалённого ТВЧ слоя неоднородная: помимо равномерной структуры мелкоигольчатого мартенсита 3, 4 балла ГОСТ 8233-56 (рис. 5, а), наблюдаются участки выделения феррита и троостита в виде разорванной сетки (рис. 5, б).

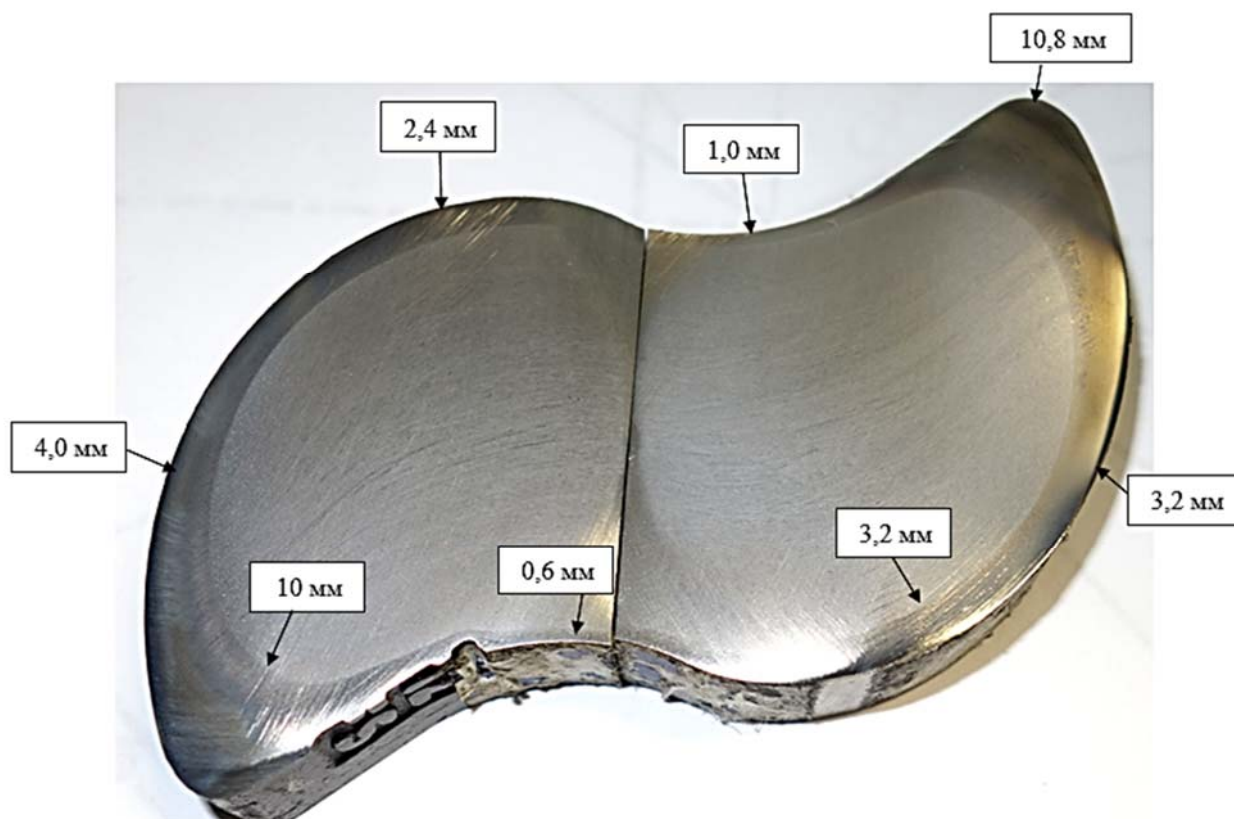


Рисунок 4. Микрошлиф образца, вырезанного в зоне истирания



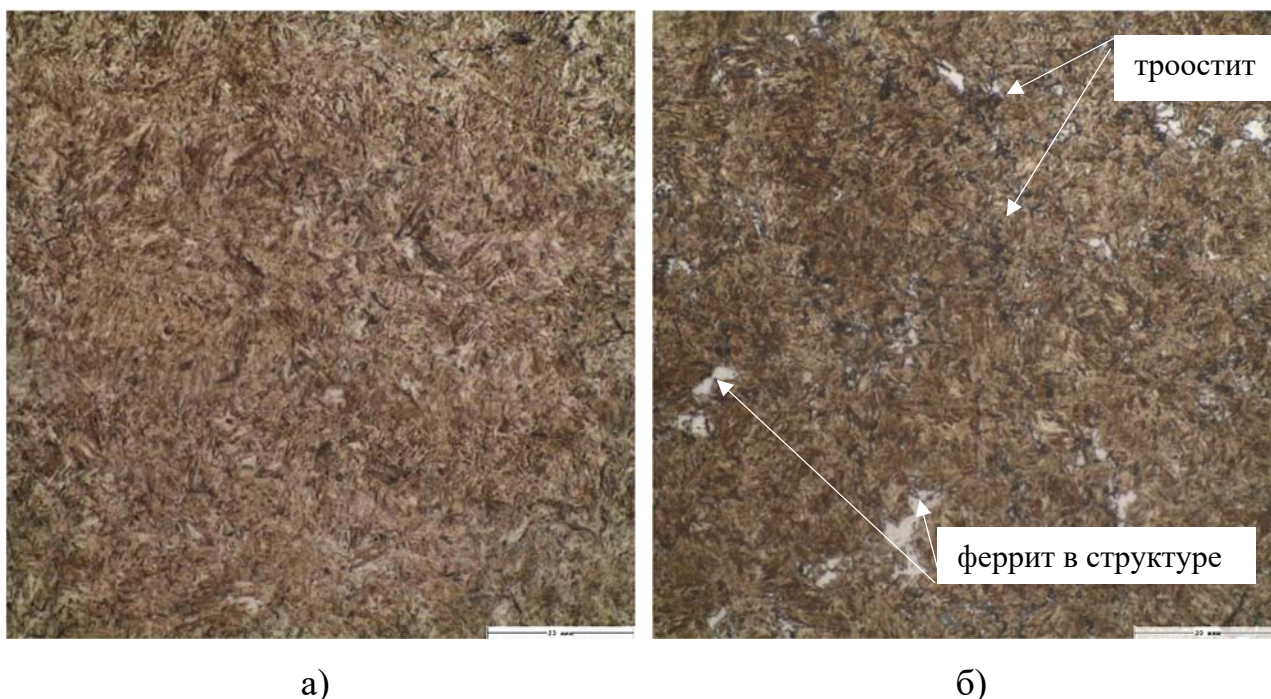


Рисунок 5. Микроструктура закаленного ТВЧ слоя, увеличение x1000

Таким образом, исходя из проведенного исследования следует отметить, что закалка ТВЧ была проведена некачественно: нагрев и охлаждение происходили неравномерно. Наличие в закаленном ТВЧ слое феррита свидетельствует о недостаточном нагреве под закалку, а при образовании троостита следует обратить внимание на охлаждение.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степанова Т.Ю. Технологии поверхностного упрочнения деталей машин: учебное пособие/ Т.Ю. Степанова; Иван. гос. хим.-технол. ун-т.-Иваново, 2009. – 64 с. – ISBN – 5-9616-0315-4.
2. Введение в технологию поверхностного упрочнения металла / Р.Е. Глинер, В.И. Астащенко. – Казань: изд-во Казан, ун-та, 2015. – 342 с.
3. Проектирование водокапельных закалочных устройств. Учебное электронное издание. Подготовлено кафедрой термической обработки и физики металлов. Науч. Редактор: к.т.н. доц. Ю.Г. Эйсмонт. Екатеринбург, 2012 г.
4. Тихонов А.К. Металловедение и термическая обработка в автомобилестроении. В 2 ч. Часть II. М.: Металлургиздат, 2018. – 784 с.
5. Индукционная закалка сталей: учебное пособие / Ю.Д. Корягин, В.И. Филатов. – Челябинск: Из-дво ЮУрГУ, 2006. – 52 с.

# РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

УДК 629.9 (31.6)

## АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ АВТОМОБИЛЯ

*В.А. Наследсков, Р.Р. Басыров*

Набережночелнинский институт «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Набережные Челны, Республика Татарстан

**Аннотация:** статья содержит результаты исследования работы автомобиля на солнечной энергии, газе, водороде и биотопливе, применяемых в качестве альтернативных источников энергии транспортных средств. Один из альтернативных источников использует фотоэлектрические ячейки, содержащиеся в солнечных батареях, в последующем преобразуя солнечную энергию непосредственно в электрическую энергию; другой из видов это соединение молекул водорода и кислорода происходит с выделением тока. Проведен сравнительный анализ альтернативных источников энергии для транспортных средств.

**Ключевые слова:** фотоэлемент, альтернативные источники энергии, водород, сжиженный газ.

## ALTERNATIVE ENERGY SOURCES OF THE CAR

*V.A. Hasledskov, R.R. Basyrov*

Naberezhnochelninsky Institute Kazan (Volga Region)  
Federal University, Naberezhnye Chelny, Tatarstan

**Abstract:** the article contains the results of a study of the operation of a car powered by solar energy, gas, hydrogen and biofuels used as alternative energy sources of vehicles. One of the alternative sources uses photovoltaic cells contained in solar panels, subsequently converting solar energy directly into electrical energy; another of the types is the combination of hydrogen and oxygen molecules with the release of current. A comparative analysis of alternative energy sources for vehicles has been carried out.

**Keywords:** solar cell, alternative energy sources, hydrogen, liquefied gas.

Совсем недавно ранее неизвестные, получаемые в небольших количествах и дорогие в получении альтернативные источники энергии, стали в последнее время одной из главных проблем в мире. Основной причиной всем этим новшествам и изменениям в современном мире являются экологические требования. Хотя под «экологией» подразумевается не только забота о чистом воздухе, но и топлива на основе нефти, невозобновляемых энергоресурсах, у которых наступит тот момент, когда запасы иссякнут. Поэтому в настоящее время появляются автомобили, использующие энергию солнечных батарей, водородные проекты, электро- и гибридные технологии.

Развитие прогресса и сохранение экологии стали основными катализаторами изобретения автомобилей на солнечной энергии.

Автомобиль на солнечной тяге – это полностью работающий от прямой солнечной энергии. Обычно фотоэлектрические (PV) ячейки, содержащиеся в солнечных батареях, преобразуют солнечную энергию непосредственно в электрическую энергию. Обычно солнечная энергия используется для питания всего или части движущей силы транспортного средства, но также может использоваться для обеспечения питания для связи или управления или других вспомогательных функций. Транспортные средства на солнечной тяге в настоящее время не продаются в качестве практичных повседневных транспортных устройств, но в основном это демонстрационные автомобили и инженерные исследования, которые часто финансируются государственными учреждениями.



Рисунок 1. Крыша легкового автомобиля, покрытая солнечной батареей

В отличие от солнечной тепловой энергии, которая преобразует солнечную энергию в тепло, фотоэлементы непосредственно преобразуют солнечный свет в электричество. Даже лучшие солнечные элементы могут собирать только ограниченную мощность и энергию в области поверхности автомобиля. Их кузов собирают из сверхлегких композитных материалов для уменьшения веса. Солнечные автомобили не имеют должный уровень безопасности и удобства использования автомобилей, работающих на традиционном топливе. В качестве альтернативы, электромобиль с батарейным питанием может использовать солнечную батарею для подзарядки, где массив может быть подключен к общей электрической распределительной сети [1].

Существуют автомобили, которые работают на газу. Газ дешевле пропан-бутана, чище его по выхлопу, хотя и сложен в хранении. Жидкостью становится при минус 160 градусов цельсия, в баллонах содержится под давлением в 200 атм.



Рисунок 2. Легковой автомобиль с газовым оборудованием

Наиболее используемый CNG (Compressed natural gas, сжатый природный газ), метан, в больших количествах применяется в европейских странах. Широкое применение природного газа как топлива для легковых автомобилей стало возможным при использовании баллонов из композитных материалов.



До этого метан в тяжелых металлических емкостях устанавливали на грузовые автомобили и автобусы. Теперь же битопливные системы можно встретить на малолитражных автомобилях. Отличить их можно по названию, в котором присутствует добавка CNG, NGT, Ecofuel, Ecoflex, Bifuel, Natural Power. Обычно речь идет о порядка 20 кг (или 30 кубических метрах) метана и 30 л бензина (как вариант). Подобного запаса хватает на 700–900 км. Это больше, чем если бы двигатель «питался» сжиженным газом (пропан-бутаном), поскольку выделение энергии при сгорании того же объема у метана выше и двигатель на нём работает экономичнее.

Водород – можно называть топливом будущего. На планете, пусть и в связанном виде, его много. Опыты с ним как с горючим веществом начались еще в самом начале XIX века. А чуть позже было доказано, что соединение молекул водорода и кислорода происходит с выделением тока [2].

Сегодня комбинации различных электрохимических способов получения энергии на автотранспорте обладают рядом неоспоримых преимуществ, включающих высокие экологические показатели, низкие расходы топлива, высокую энергоемкость водорода, быструю заправку, достаточный запас хода и высокую мощность, и в экономическом плане «догоняют» традиционные технологии получения энергии в двигателях внутреннего сгорания на органическом топливе, особенно в странах Евросоюза. Кроме того, для успешного развития экологичных транспортных технологий необходима развитая инфраструктура, которая работает на тех же принципах электрохимических процессов. Твердо-полимерные электролизеры, производящие водород на автозаправочных станциях, имеют те же материалы и используют те же технологии, что и твердо-полимерные топливные элементы, утилизирующие этот водород и превращающие его в энергию для автотранспорта.

Если с водородом сохранять тот же стехиометрический состав смеси, что и на бензине, то неизбежно и значительно в выхлопе вырастет содержание окислов азота – из-за более высокой температуры горения этого газа. А на

обедненной смеси падает мощность. Другая особенность водорода – его хорошая воспламеняемость, отчего высок риск калильного зажигания. В этом смысле лучше для работы на нем подходит роторный двигатель, где смесь поступает в камеру без свечей.

Toyota объявила о запуске в серийное производство модели «Mirai», работающей исключительно на водороде. Конечно же, такому автомобилю требуются специальные заправочные станции, причём сам процесс заправки занимает всего несколько минут. А на полном баке автомобиль способен проехать 650 км. Энергия в уникальном двигателе автомобиля вырабатывается за счет реакции окисления водорода внутри электрохимического генератора, а вместо вредных выхлопов автомобиль производит чистую воду [3].

С одной стороны, известно, что из выхлопной трубы заправленного водородом автомобиля будет вытекать только водяной конденсат, но, с другой, также хорошо изучено, что выделение (производство) водорода крайне дорого (дороже бензина и уж тем более газа), к тому же его хранение взрывоопасно, по крайней мере, в баллонах под давлением, а в специальных ячейках безопасно, но дорого [4].

Иранские ученые из университета Азада изготовили прототип автомобиля, который не нуждается в ископаемом топливе и работает на чистой энергии. Данному автомобилю не нужен бензин или какое-либо другое ископаемое топливо, и он может использовать электричество и три возобновляемых источника энергии - воду, энергию ветра и солнца. Максимальная скорость автомобиля составляет 80 км / ч. Автомобиль под названием «Q» был совместно построен Хаджар Бакери Тулаби и Али Аббаси Заде.

Министерство энергетики Ирана объявило, что производство электроэнергии из возобновляемых источников в стране значительно возрастает, что будет способствовать сокращению выбросов. Общая выработка электроэнергии из возобновляемых источников энергии в период с 21 марта по 22 октября 2019 года составила почти 4,3 тераватт-часа (ТВт-час). В свою очередь это привело к сокращению (мегатонн) выбросов парниковых газов на

2,974 млн. тонн. Возобновляемые источники энергии помогли сократить сжигание ископаемого топлива для выработки электроэнергии более чем на 1,23 миллиарда кубометров, и в ходе этого процесса за семь месяцев было сэкономлено более 952 миллионов литров воды.

В заключении хочется сказать, что в данный момент имеется множество вариантов замены привычных источников энергии на альтернативные и все они по-своему хороши, однако эти технологии повсеместно начнут применять ещё не скоро, потому что потребуется много времени, чтобы потребители убедились в целесообразности смены своих автомобилей на что-то новое.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Альтернативные источники энергии. По всем фронтам. [Электронный ресурс]. – <https://www.drom.ru/info/misc/38869.html> (дата обращения: 18.05.2023).

2. Егоров М.А. Альтернативные источники энергии для двигателей наземных транспортных средств // Международный студенческий научный вестник. – 2022. – № 5. [Электронный ресурс]. – URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=20996> (дата обращения: 18.05.2023).

3. 10 идей альтернативного топлива для автомобиля [Электронный ресурс]. – <https://fishki.net/auto/1504982-10-idej-alternativnogo-topliva-dlja-avtomobilja.html> (дата обращения: 18.05.2023).

4. Альтернативные виды топлива [Электронный ресурс]. – <https://xn--80aaf3axghkd.xn--plai/alternativnye-vidy-topliva/> (дата обращения: 18.05.2023).

## КОМБИНИРОВАННЫЙ ФИЛЬТР ДЛЯ РАБОТЫ ДИЗЕЛЯ НА ДВУХКОМПОНЕНТНОМ ТОПЛИВЕ

*Д.А. Уханов*

ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России», г. Москва, Россия

*А.П. Уханов*

ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ, г. Пенза, Россия

**Аннотация:** в статье описана конструкция комбинированного фильтра двухкомпонентного топлива, в котором за счет создания возвратно-поступательных перемещений фильтрующего элемента обеспечивается смешивание растительного и нефтяного компонентов дизельного смесового топлива и его качественная очистка. Кроме того, при превышении заданной концентрации механических примесей (загрязнителей и воды) в полости отстоя комбинированного фильтра информация автоматически передается на индикатор, встроенный в панель приборов автотракторной техники.

**Ключевые слова:** дизель, нефтяной и растительный компонент, смесовое топливо, комбинированный фильтр, колебательное движение.

## COMBINED FILTER FOR DIESEL ENGINE OPERATION ON TWO-COMPONENT FUEL

*D.A. Ukhanov*

FAU «25 State Research Institute of Chemmotology of the Ministry  
of Defense of Russia», Moscow, Russia

*A.P. Ukhanov*

FSBEI HE Penza State Agrarian University, Penza, Russia

**Abstract:** the article describes the design of a combined two-component fuel filter, in which, due to the creation of reciprocating movements of the filter element, the mixing of vegetable and petroleum components of diesel mixed fuel and its high-quality purification is ensured. In addition, when the specified concentration of mechanical



impurities (pollutants and water) in the cavity of the combined filter sludge is exceeded, the information is automatically transmitted to the indicator built into the panel of automotive equipment devices.

**Keywords:** diesel, oil and vegetable components, mixed fuel, combined filter, oscillatory motion.

Переход к «безуглеродной энергетике» предполагает в начале частичный, а далее и полный отказ от использования ископаемых топлив путем их замены возобновляемыми источниками энергии, получаемыми из биомассы, солнечной и ветровой энергии и т.д. В некоторых отраслях производства использование возобновляемых источников энергии, с точки зрения экономики, становится более выгодным по отношению к традиционным технологиям получения энергии из ископаемых топлив.

К возобновляемым более чистым источникам тепловой энергии, чем топливо, произведенное из ископаемого сырья, относится биотопливо. Использование биотоплива в поршневых двигателях внутреннего сгорания (ДВС) имеет потенциальные экономические выгоды, так как оно считается одним из самых дешевых и доступных видов моторного топлива. Например, производство биотоплива (биоэтанола, биокеросина, биодита, биодизеля) из сельскохозяйственных культур (сои, кукурузы, рапса и др.) приносит европейским фермерам не менее 6,6 млрд евро прямых доходов в год. Кроме того, при сгорании в ДВС биотопливо выделяет меньше оксидов углерода, не содержит соединений серы и более эффективно из-за более высокой плотности энергии.

Одним из видов биотоплива является биодит – дизельное смесевое топливо (ДСТ), получаемое смешиванием двух компонентов: натурального растительного масла (рапсового, рыжикового, соевого, сурепного и др.) и товарного нефтяного дизельного топлива (ДТ) [1–6].

Для повышения качества смешивания и очистки ДСТ в процессе работы дизельного ДВС за счет исключения возможности попадания в него механических примесей, образующихся при смешивания растительного масла и нефтяного ДТ и выпадающих в осадок при простоях автотракторной техники, авторами разработан комбинированный фильтр двухкомпонентного топлива [7].

Комбинированный фильтр содержит металлический корпус *1* (см. рис. 1) с входными каналами *2*, *3* для подвода растительного масла и нефтяного ДТ под одинаковым давлением из соответствующих топливных баков. В корпусе *1* размещен стакан *4*, через центр днища *5* которого пропущена пустотелая ось *б* с выходным каналом *7* дизельного смесового топлива и радиальными отверстиями *8*. Фильтрующий элемент *9* представляет собой пакет пластин *10*, соединенных между собой винтами. Фильтрующий элемент *9*, установленный на пустотелой оси *б*, образует кольцевую полость между внутренней стенкой стакана *4* и торцами попарных пластин *10*, одна сторона у которых имеет гладкую поверхность, а другая сторона – выступы, контактирующие с гладкой стороной смежной пластины. Каждая пластина нанизана на ось с образованием зазора, который определяется высотой выступа на одной из сторон каждой пластины. Частицы загрязнителей с размерами, превышающими величину зазора между пластинами, оседают на наружной поверхности фильтроэлемента. Нижний торец пакета пластин опирается на пружину *11*, а верхний торец связан с насаженной на полую ось *б* и опирающуюся на фильтрующий элемент *9* фигурной втулкой *12*. В верхний торец фигурной втулки *12* ввернут шток *13* электромагнита *14*. Электромагнит *14* закреплен на наружной поверхности металлического корпуса *1* комбинированного фильтра и электрически соединен с программным блоком управления *15*, имеющим регуляторы частоты *16* и длительности *17* импульса напряжения. В днище *5* стакана *4* имеется резьбовое отверстие *18* со сливной пробкой *19*. На нижнюю часть оси *б* установлен отбойник *20*, выполненный в виде кольцевой насадки, жестко закрепленной на пустотелой оси *б* с уклоном на угол не менее 10 градусов в сторону днища *5* стакана *4* с образованием между ними кольцевой щели и полости отстоя.

В днище *5* фильтра ввернут датчик *21* концентрации механических примесей в полости отстоя, подключенный к соответствующему входу программного блока управления *15*. Выход программного блока управления *15* соединен с индикатором наполнения механическими примесями полости под отбойником *20*. Срабатывание индикатора зависит от концентрации механических примесей, проходящих через оптический датчик *21*, по мере заполнения механическими примесями полости отстоя под отбойником *20*.

Работает фильтр следующим образом. При работе автотракторного двигателя два компонента, например, дизельное топливо и растительное масло, через каналы *2* и *3* корпуса *1* поступают во внутреннюю полость стакана *4*, в которой происходит их предварительное смешивание. Одновременно программ-

ный блок управления 15 подает единичный импульс напряжения в цепь электромагнита 14, вызывая выдвижение штока 13 и воздействие на фильтрующий элемент 9, перемещая его по пустотелой оси 6 вниз, сжимая при этом пружину 11. При подаче в цепь электромагнита 14 нулевого импульса напряжения его обмотка обесточивается и шток 13 втягивается во внутрь электромагнита 14, а фильтрующий элемент 9 за счет силы упругости пружины 11 возвращается в исходное положение. За счет попеременного поступления единичных и нулевых импульсов напряжения в цепь электромагнита 14 фильтрующий элемент 9 совершает возвратно-поступательные перемещения, вызывая колебательные движения смешиваемых компонентов ДСТ.

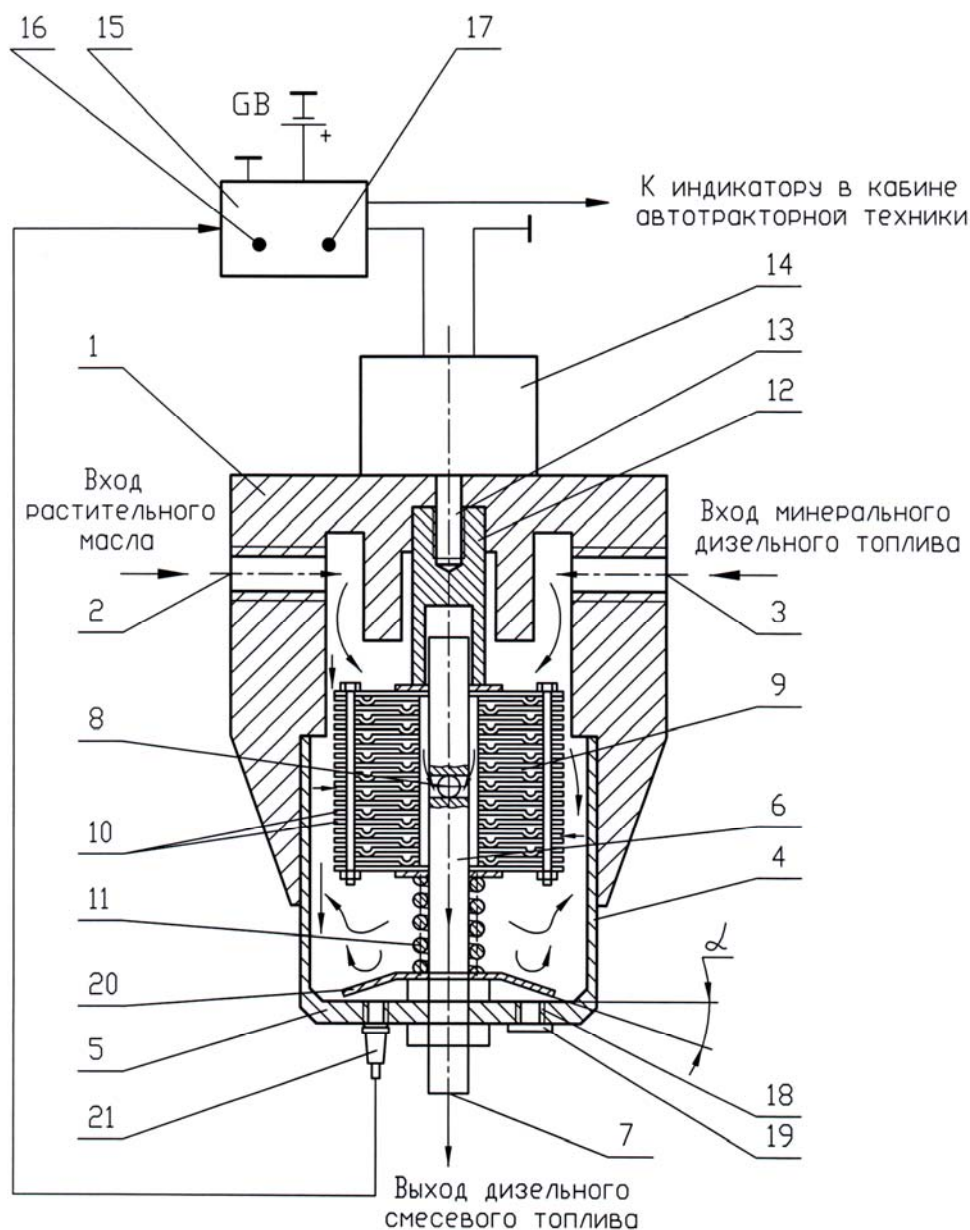


Рисунок 1. Комбинированный фильтр двухкомпонентного топлива  
(наименование позиций в тексте)

Колебательные движения смешиваемых компонентов ДСТ обеспечивают самоочищение фильтрующего элемента 9 и более равномерное распределение потоков компонентов по всему объему смеси, исключая образование «застойных зон» в процессе смешивания. Затем поток смеси, поступаемый из полости предварительного смешивания, делится на две части: одна часть смесового топлива проходит через зазоры между пластинами 10 фильтрующего элемента 9 и очищается от механических примесей, другая часть – ударяясь о поверхность отбойника 20 резко изменяет свое направление и за счет созданных центробежных сил также очищается от мехпримесей. В обоих случаях очищенное ДСТ поступает через радиальные отверстия 8 пустотелой оси 6 к выходному каналу 7. Механические примеси (загрязнители и вода), оставшиеся после очистки в ДСТ, как более тяжелая его фракция, по наклонной поверхности отбойника 20 скатываются вниз и через кольцевую щель между отбойником 20 и стаканом 4 попадают в полость отстоя, образованную днищем 5 стакана 4 и отбойником 20. По мере накопления полости отстоя механическими примесями их концентрация в ДСТ увеличивается, что фиксируется датчиком 21, сигнал с которого поступает в программный блок управления 15, где по заданной программе сравнивается с заданным значением. В случае превышения заданной концентрации срабатывает индикатор наполнения механических примесей, который установлен на панели приборов в кабине автотракторной техники. После срабатывания индикатора водитель отворачивает пробку 19 фильтра и сливает отстой в специальную емкость для его сбора.

Таким образом, разработанный комбинированный фильтр, за счет создания возвратно-поступательных перемещений фильтрующего элемента во внутренней полости корпуса топливного фильтра, позволяет повысить качество смешивания и очистки дизельного смесового топлива, а также информировать водителя о необходимости слива отстоя из фильтра.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Особенности производства и использования рапсового биотоплива на автотракторной технике / А.П. Уханов, В.А. Рачкин, М.А. Уханов, Н.С. Киреева // Нива Поволжья. – 2008. – №1 (6). – С. 36–42.
2. Патент 2486949 РФ, МПК В 01 F 5/06. Смеситель-фильтр минерального топлива и растительного масла / А.П. Уханов, Д.А. Уханов, В.В. Крюков, Е.А. Сидоров, Е.Д. Година. – № 2012113657/05; Заяв. 06.04.2012; Оpubл. 10.07.2013, Бюл. № 19.
3. Влияние ультразвуковой обработки растительно-минерального топлива на показатели тракторного дизеля / А.П. Уханов, Д.А. Уханов, В.А. Иванов, Л.М. Благодарина, Е.В. Демидов, Р.К. Сафаров // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2010. – № 6. – С. 5–8.
4. Биодиты – альтернативный вид моторного топлива для тракторных дизелей / А.П. Уханов, В.А. Рачкин, Д.А. Уханов, В.А. Иванов // Нива Поволжья. – 2009. – № 2 (11). – С. 71–76.
5. Сравнительный анализ свойств растительных масел используемых в качестве биотоплива / А.П. Уханов, Д.С. Шеменев, О.Н. Зеленина и др. // Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России: сб. материалов Всеросс. НПК. – Пенза: РИО ПГСХА, 2010. – С. 125–127.
6. 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.
7. Патент 2724239 РФ, МПК В01D 33/01, В01F 3/08, В01F 5/06. Фильтр-смеситель двухкомпонентного топлива / Ю.В. Уханова, Д.А. Уханов, И.Ф. Адгамов. – №2020101897; Заяв. 17.01.2020; Оpubл. 22.06.2020, Бюл. №18.

# ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

УДК 656.13

## ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ОПЕРАТОРА ТРАНСПОРТНО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

*В.Н. Басков, А.В. Игнатов*

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

**Аннотация:** в статье рассмотрено влияние психофизиологического состояния оператора транспортно-технологических машин в сельскохозяйственной отрасли на безопасность выполнения технологических операций. Рассмотрены такие ключевые понятия, как надежность и работоспособность. Представлены зависимости изменения работоспособности оператора в течение рабочего дня и недели. Отражено влияние состояния опьянения оператора на коэффициент аварийности.

**Ключевые слова:** оператор, транспортно-технологические машины, надежность, утомляемость, контроль, авария, безопасность.

## ASSESSING THE RELIABILITY OF THE OPERATOR OF TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL MACHINES IN OPERATION

*V.N. Baskov, A.V. Ignatov*

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russia

**Abstract:** the article considers the influence of psycho-physiological state of the operator of transport-technological machines in the agricultural industry on the safety of technological operations. Such key concepts as reliability and operability are considered. Dependences of changes in the operator's working capacity during a working day and a week are presented. The influence of the state of operator's intoxication on the accident rate is reflected.

**Keywords:** operator, transport-technological machines, reliability, fatigability, control, accident, safety.

В последнее время произошло качественное изменение технико-эксплуатационных показателей работы транспортно-технологических машин (ТТМ), задействованных в сельском хозяйстве, а также условий труда их операторов. Однако, несмотря на это, наиболее уязвимым звеном технологического процесса остается человек (оператор), т.к. физиологические и психологические показатели его производительности подвержены более резкому изменению и часть из них не представляется возможным оценить в количественном отношении. Психофизиологические аспекты деятельности операторов транспортно-технологических машин отражены в следующих работах [1–5].

В настоящее время производственный процесс в сельскохозяйственной отрасли с участием ТТМ контролируется при помощи систем спутниковой навигации ГЛОНАСС или GPS, для связи с которыми разработано множество информационно-технических систем как зарубежного, так и отечественного производства, например: Telematics (фирма «Claas»); AGCOMMAND (корпорация «AGCO»); AFS Connect (фирма «Case IH»); JDLink (фирма «John Deere»); AGROTRONIC (ПАО «Ростсельмаш»); Can-Way, Line-Way (компания «Фарватер») и т.д. [6]. Стоит отметить, что подавляющее большинство систем контроля выполнения производственного процесса направлено на отслеживание параметров работы транспортно-технологических машин и выполняемых ими операций. Задачи по контролю психофизиологического состояния оператора и его динамики в процессе производственной деятельности отводится незначительная часть действующих систем удаленного мониторинга.

В процессе своей трудовой деятельности оператор осуществляет напряженную физическую и психическую работу, в результате которой уменьшаются показатели его надежности. На этот процесс также оказывают влияние климатические условия (в том числе микроклимат внутри кабины), исходные психофизиологические данные оператора, режим выполнения технологических операций и т.д. Под самой надежностью оператора понимается способность бесперебойного и безаварийного выполнения возложенных на него

трудовых обязанностей. Психофизиологическое состояние оператора состоит из следующих составляющих (рисунок 1):

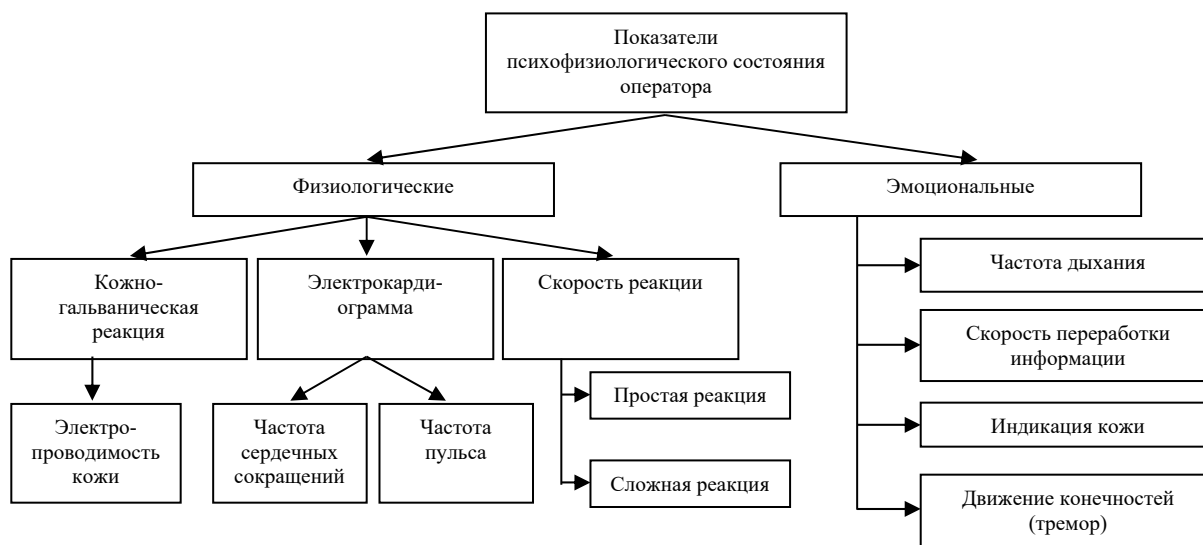


Рисунок 1. Психофизиологические показатели оператора

Основной составляющей надежности оператора является его работоспособность, представляющую собой временное значение. При котором оператор может работать с высокой производительностью. Для обеспечения поддержания высокой работоспособности рабочего персонала, а также высокого уровня безопасности применяются обязательные нормативные значения по режиму труда и отдыха.

Кривая работоспособности оператора состоит из 3 фаз (рис. 2 и 3):

1. Вработывание;
2. Устойчивая работоспособность;
3. Снижение работоспособности в процессе утомления.

В фазе 1 операторы склонны переоценивать состояние собственной работоспособности, что приводит к рискованным маневрам, к реализации которых операторы по объективным причинам еще не готовы. Фаза 2 характеризуется устойчивым состоянием работоспособности, однако в середине этой фазы необходим кратковременный отдых. В фазе 3 происходит снижение показателя работоспособности по причине психофизиологической выработки оператора к концу рабочего дня.



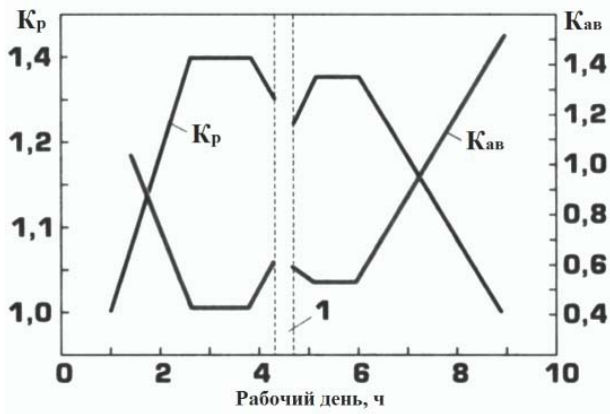


Рисунок 2. Кривая работоспособности в течении рабочего дня

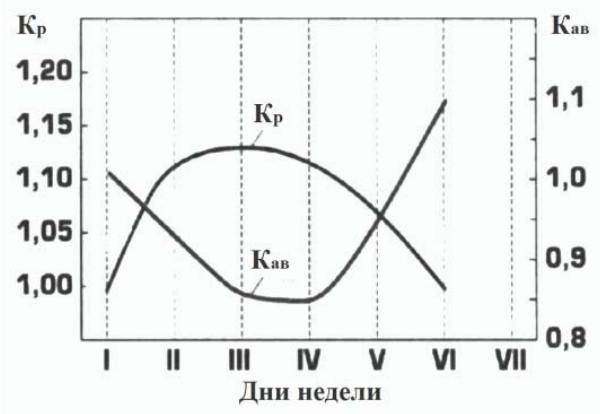


Рисунок 3. Кривая работоспособности в течении недели

В общем виде вероятность возникновения аварий представляет собой [7]:

$$P_{ав} = P_{ас} + P_{св} + P_{ос}, \quad (1)$$

где  $P_{ас}$  – вероятность аварийного состояния ТТМ;

$P_{св}$ ,  $P_{ос}$  – вероятность опасного состояния оператора и окружающей среды соответственно.

Динамика коэффициента аварийности  $K_{ав}$  от времени управления отражена на рисунке 4.

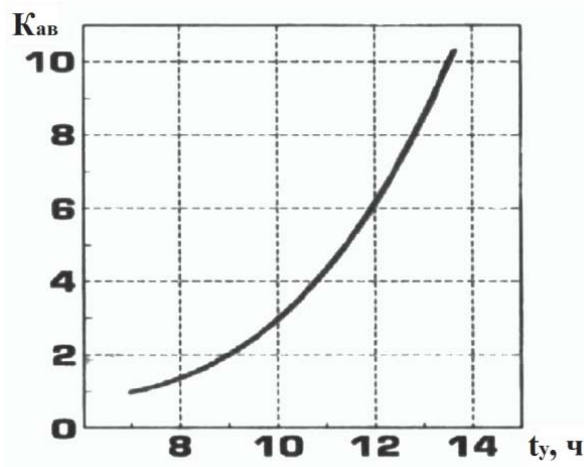


Рисунок 4. Кривая аварийности от времени управления

Опасность управления транспортным средством в состоянии опьянения заключается в неадекватном восприятии окружающей обстановки, значительной переоценке собственных возможностей, увеличению количества ошибок при выполнении технологических операций, увеличении времени реакции и т.д. [8]. Следовательно риск возникновения аварий с тяжкими (в том числе смертельными) последствиями резко увеличивается (рисунок 5).

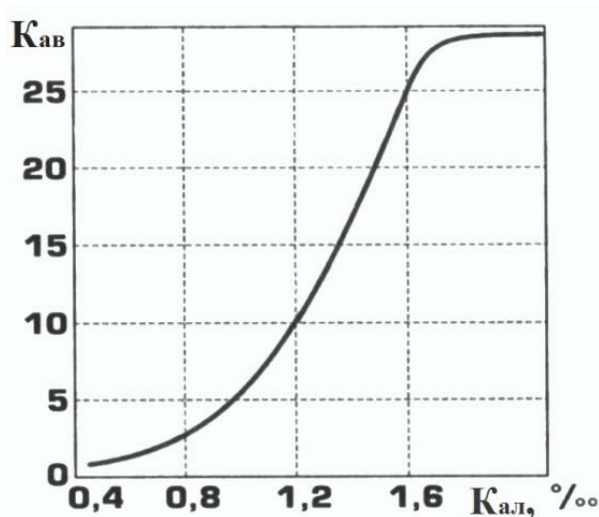


Рисунок 5. Динамика коэффициента аварийности  $K_{ав}$  от степени опьянения

Исходя из анализа рисунков 1–5 видно, что на повышенный риск аварийности в первую очередь влияет, как пониженная работоспособность по причине утомления, так и производство технологических операций в состоянии опьянения.

Таким образом:

1. Наиболее уязвимым звеном в процессе реализации технологических операций является оператор, т.к. на человека влияет значительное количество наименее предсказуемых и в ряде случаев слабо поддающихся количественной оценке факторов.

2. В связи с недостаточной оснащенностью современными транспортно-технологическими машинами, оборудованными системами повышения безопасности технологического процесса, данная задача по обеспечению безопасности возлагается в первую очередь на оператора.

3. Вопрос оценки и измерения физической и психической деятельности оператора в процессе управления транспортно-технологическими машинами позволят формировать и контролировать оптимальные значения необходимого режима труда и отдыха для конкретного оператора в конкретных условиях, что в конечном итоге позволит увеличить как эффективность, так и безопасность технологического процесса.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов Ю.А. Восприятие времени водителем как фактор безопасности дорожного движения / Ю. А. Кузнецов // Психология. Психофизиология. – 2020. – Т. 13. – № 3. – С. 102–110.

2. Евтюков С.С. Оценка времени реакции водителя двухколесного механического транспортного средства при применении им торможения / С.С. Евтюков, И.С. Брылев, И.В. Ворожейкин // Вестник гражданских инженеров. – 2019. – № 6(77). – С. 277–283.

3. Петренко Н.В. Психофизиология труда и профессиональный отбор водителей / Н. В. Петренко // Вестник аграрной науки Дона. – 2017. – № 2(38). – С. 91–98.

4. Кудрин, Р.А. Методика определения и развития психофизиологических качеств, необходимых для эффективного управления автотранспортными средствами / Р.А. Кудрин, Ю.Я. Комаров, Е.В. Лифанова, М.Н. Дятлов // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. – 2017. – № 1(61). – С. 124–126.

5. Алексеев Л.А. Физиология водителя и ее влияние на безопасность дорожного движения / Л.А. Алексеев, Ю.А. Кузнецов // Автотранспортное предприятие. – 2014. – № 1. – С. 16–18.

6. Голубев И.Г., Мишуров Н.П., Гольцяпин В.Я., Апатенко А.С., Севрюгина Н.С. Системы телеметрии и мониторинга сельскохозяйственной техники: аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 76 с.

7. Нефедьев А.И. Контроль состояния водителя во время движения автотранспортного средства / А.И. Нефедьев, Д.И. Нефедьев, С.А. Безбородов, В.Г. Гусев // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2021. – № 2(36). – С. 60–65.

8. Кекелидзе З.И. Алкоголь как фактор повышенной аварийности у водителей автобусов / З.И. Кекелидзе, Д.А. Полянский, С.В. Шпорт, А.Г. Соловьев // Экология человека. – 2020 – № 11 – С. 60–64.

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ ТЕПЛОВОЙ ПОДГОТОВКИ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

*Н.И. Батталов, Ш.С. Хуснетдинов*

Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского)  
федерального университета, г. Набережные Челны, Республика Татарстан

**Аннотация:** статья посвящена вопросам тепловой подготовки транспортных и тяговых машин при эксплуатации в зимнее время года. Дана оценка эффективности мероприятий, обеспечивающих рациональные условия работы водителя, функционирования механизмов и систем автотранспортного средства. Предложено направление комплексной подготовки машины к началу эксплуатации и последующего мониторинга эксплуатационного состояния.

**Ключевые слова:** транспортная машина, технологическая машина, автомобиль, силовой агрегат, трансмиссия, главная передача, трансмиссионное масло, температура воздуха, скорость ветра

## ANALYSIS OF METHODS OF THERMAL PREPARATION OF TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL MACHINES

*N.I. Battalov, S.S. Husnetdinov*

Naberezhnochelninsky Institute (Branch) Kazan (Volga Region)  
Federal University, Naberezhnye Chelny, Tatarstan

**Abstract:** the article is devoted to the issues of thermal preparation of transport and traction machines during operation in the winter season. An assessment of the effectiveness of measures ensuring rational working conditions of the driver, the functioning of mechanisms and systems of the vehicle is given. The direction of comprehensive preparation of the machine for the start of operation and subsequent monitoring of the operational condition is proposed.

**Keywords:** transport vehicle, technological machine, car, power unit, transmission, main gear, transmission oil, air temperature, wind speed.

Условия эксплуатации автотранспортных средств (АТС) в Российской Федерации определяются состоянием дорожной сети, природно-климатической средой и другими факторами. Нужно принимать во внимание, что в ряде регионов возможности зимней эксплуатации подвижного состава могут быть ограничены в силу более частых отказов и неисправностей. Хотя отечественные АТС предназначены для работы в широком диапазоне температурных условий [1], однако надёжность их работы не является равнозначной в границах, приводимых в инструкциях по эксплуатации. Разнообразие природных и климатических зон приводит к необходимости учитывать воздействие внешних эксплуатационных факторов, таких как температура атмосферного воздуха, его подвижность, состояние дорог, зависящее от интенсивности атмосферных осадков [2].

Влияние окружающей среды и необходимость разработки комплекса мероприятий по подготовке транспортных и тяговых машин к зимней эксплуатации являлись предметом исследований отечественных учёных [3–6]. Ставилась задача обеспечения эффективности машин за счёт подготовки к эксплуатации в условиях отрицательных температур. В ряде работ выполнены исследования рабочих процессов отдельных узлов и агрегатов АТС [7–9]. Установлено, что внешняя среда влияет на все узлы и системы автомобиля, ограничивая их надёжность. Поэтому рассмотрение эффективности мероприятий зимней подготовки является актуальным и требует системного подхода к решению поставленных задач.

Необходимо построить совокупность технико-эксплуатационных параметров АТС, которые могут изменяться под действием внешней среды и выделить из них наиболее важные, определяющие нарушения работоспособности и безопасности движения. Такие изменения следует рассматривать как процессы, протекающие во времени, то есть учитывать условия начала движения, условия движения в течение определённого времени и промежутки времени, соответствующие коротким или длительным остановкам (с выключением двигателя или при работающем двигателе). По данным работ [5, 10] установлено, что техническое состояние узлов автомобиля зависит от содержания рабочего цикла и длительные остановки в пути приводят к необходимости холодного старта.

Известны различные способы тепловой подготовки АТС к началу движения. Сравнительная оценка таких методов дана в работе [11]. В зависимости от размеров предприятия и применяемого оборудования более рациональным может оказаться один из способов подогрева, использующих тепловую энергию подогретого воздуха, пара, воды или инфракрасный нагрев от соответствующей установки. Однако независимо от выбранного способа начальной тепловой подготовки может, как было показано, возникнуть необходимость в изменении теплового баланса узлов во время нахождения на маршруте. Такое изменение может быть осуществлено как за счёт внешнего, так и внутреннего воздействия. При этом внешнее воздействие подразумевает применение источников тепловой энергии на месте остановки (стоянки), что не может быть гарантировано и в большинстве случаев будет затруднительным.

Важно учитывать степень воздействия атмосферного воздуха во время движения [12]. Большая скорость ветра усиливает холодное воздействие и приводит к резкому падению температуры на поверхности узлов, перепаду температур на участках от поверхности к середине узла. Перепад температур способствует концентрации напряжений в деталях и приводит к поломкам. На рисунке 1 показана вал-шестерня главной передачи грузового автомобиля с поломкой зубьев, произошедшей в период зимней эксплуатации.



Рисунок 1. Вал-шестерня главной передачи грузового автомобиля

Наиболее эффективным средством обеспечения нормального теплового режима трансмиссии является бортовой подогрев узлов с помощью отработанных газов или с применением теплоэлектронагревателей. Данные способы имеют свои преимущества и недостатки. Использование отработанных газов позволяет добиться высокой экономии топлива, но требует создания соответствующей конструкции подогревателя, обеспечивающей подвод тепла к узлу трансмиссии. Применение теплоэлектронагревателя даёт возможность компактного размещения элементов устройства внутри узлов, однако требует заметного расхода топлива при работе.

Известен ряд конструктивных решений обеспечения подогрева. Например, для поддержания рационального рабочего режима главной передачи и дифференциала ведущего моста предложена конструкция, описанная в патенте [13]. Использование энергии отработанных газов в данной конструкции позволяет добиться снижения потерь на трение в узлах ведущего моста, исключить явление хладноломкости при ограничении максимальных температур нагрева деталей. Таким образом, реализуется возможность мониторинга теплового состояния узлов трансмиссии и поддержания оптимальных значений рабочих температур деталей и трансмиссионного масла.

Кроме прочего, необходимо создавать приемлемые условия работы водителя в кабине. Следует обеспечить герметичность конструкции, исключая возможность проникновения потоков холодного воздуха. Для автомобилей с откидываемой кабиной нужно изучить вопрос сохранения теплового режима кабины при осмотре и путевом ремонте двигателя. В откинутах положении может быть нарушена герметичность кабины через полости, соответствующие органам управления и в других местах.

Также следует предусмотреть надёжную теплоизоляцию кабины за счёт применения современных утеплительных материалов, двойного остекления и эффективного автономного источника тепла. Комфортное состояние водителя при работе в сложных условиях является важным фактором, повышающим активную безопасность движения. Автономность питания источника тепла также является важным фактором безопасности перевозок [14].

Реализация комплекса мер, направленных на повышение надёжности и безопасности эксплуатации транспортных и тяговых машин, возможна на базе описанных в приводимой литературе методах. Необходимо осуществить комплексное применение средств бортового контроля состояния силового агрегата, аккумуляторной батареи, гидроусилителя рулевого управления, узлов трансмиссии. В этом случае эффективность принятых мер будет достаточной, исключая наличие слабого звена, приводящего к возникновению отказов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. КАМАЗ 5360, 5460, 6460, 6520. Руководство по эксплуатации / Сост. Нешумова Т.Н. Под общ. ред. Васина В. В. – Набережные Челны, ОАО «КАМАЗ», 2003. – Текст: непосредственный.

2. География России [Электронный ресурс]: – URL: <https://geographyofrussia.com/minimalnaya-temperatura-vozduxa/> (дата обращения 14.05.2023 г.).

3. Семенов Н.В. Эксплуатация автомобилей в условиях низких температур. – Москва: Транспорт, 1993. – 190 с. – Текст: непосредственный.

4. Калимуллин Р.Ф. Эффективность предпускового подогрева автомобильного двигателя / Р.Ф. Калимуллин. – Текст: непосредственный // Вестник Сибирской автомобильно-дорожной академии. – 2015. – № 1. – С. 11–17.

5. Барыкин А.Ю. Эффективность работы узлов трансмиссии грузового автомобиля в условиях холодного климата / А.Ю. Барыкин, В.В. Лянденбургский, Р.Х. Тахавиев. – Текст: непосредственный // Грузовик. – 2018. – № 8. – С. 7–10.

6. Барыкин А.Ю. Методика оценки температурного состояния узлов трансмиссии автомобиля КАМАЗ в зимних условиях эксплуатации / А.Ю. Барыкин, Р.Х. Тахавиев. – Текст: непосредственный // Проблемы функционирования систем транспорта: материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (22-23 декабря 2017 г.): в 2-х т. / отв. ред. А.В. Медведев. – Тюмень: ТИУ, 2018. – С. 30–34.



7. Антонец Д.А. Надежность подшипников качения трансмиссий и ходовых частей тракторов в зонах холодного климата / Д. А. Антонец. – Текст: непосредственный // Вестник ИрГСХА. – 2011. – № 45. – С. 75–78.

8. Барыкин А.Ю. Влияние температурного режима дифференциала в зимний период эксплуатации на управляемость и безопасность движения / А.Ю. Барыкин. – Текст: непосредственный // Организация и безопасность дорожного движения: Материалы X Международной научно-практической конференции, 16 марта 2017 г. В 2-х тт. Т. 1. – Тюмень: ТИУ, 2017. – С. 208–211.

9. Барыкин А.Ю. Моделирование рабочего режима торсионной подвески автомобиля / А.Ю. Барыкин, Р.Р. Басыров, В.М. Нигметзянова [и др.]. – Текст: непосредственный // Научно-технический вестник Поволжья. – 2021. – №12. – С. 174–176.

10. Barykin A.Yu. The research of thermal processes of the automobile chassis / A.Yu. Barykin, R.Kh. Takhaviev , A.D. Samigullin // International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development. – 2018. – Vol. 8, Special Issue 8, Oct 2018, 458 A. D.464.

11. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. / Е.С. Кузнецов, А.П. Болдин, В.М. Власов и др. Под ред. Е. С. Кузнецова. – 4-е изд. – М.: Наука, 2001. – 535 с. – Текст: непосредственный.

12. Платонов В.Ф. Полноприводные автомобили. – 2-е изд. перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1989. – 312 с. – Текст: непосредственный.

13. Патент 212146 Российская Федерация, МПК F01M 5/02 (2006.01), F28D 15/00 (2006.01); СПК F28D 15/00 (2022.05), F01M 5/02 (2022.05). Устройство подогрева масла в ведущих мостах грузового автомобиля / А.Т. Кулаков, Д.И. Нуретдинов, А.Ю. Барыкин, П.Г. Курдин, Р.Х. Тахавиев, Р.М. Галиев. – № 2022102027 ; заявл. 28.01.2022 ; опубл. 08.07.2022. Бюл. № 19.

14. Нигметзянова В.М. Безопасная эксплуатация автомобилей на территориях с холодным климатом за счет применения комплекса мероприятий, обеспечивающих надежность и комфортабельность работы / В.М. Нигметзянова, А.Ю. Барыкин, И.Н. Мусавилов. – Текст: непосредственный // Организация и безопасность дорожного движения: материалы XIII Национальной научно-практической конференции с международным участием (19 марта 2020 г.) / отв. ред. Д.А. Захаров. – Тюмень: ТИУ, 2020. – С. 502–506.

УДК 631.3

## ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ФИРМЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА

*Л.И. Кушнарев*

Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия

**Аннотация:** работа направлена на решение проблем импортнезависимости и импортозамещения в технической сфере, на основе повышения качества, надежности и эффективности машин и оборудования российского производства, обеспечения их работоспособности в процессе использования по прямому назначению. Приведены основные результаты организационно-технологических исследований и ожидаемая эффективность от их внедрения в практическую деятельность предприятий машинно-технологичных отраслей Российской Федерации.

**Ключевые слова:** машины, оборудование, импортнезависимость, импортозамещение, конкурентоспособность, надежность, эффективность.

## IMPROVING THE QUALITY OF MACHINERY AND EQUIPMENT BASED ON BRANDED TECHNICAL SERVICE

*L.I. Kushnarev*

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

**Abstract:** the work is aimed at solving the problems of import dependence and import substitution in the technical sphere, based on improving the quality, reliability and efficiency of Russian-made machines and equipment, ensuring their operability during use for their intended purpose. The main results of organizational and

technological research and the expected effectiveness of their implementation in the practical activities of enterprises of machine-technological industries of the Russian Federation are presented.

**Keywords:** machinery, equipment, import dependence, import substitution, competitiveness, reliability, efficiency.

Импортонезависимость, импортозамещение и конкурентоспособность, ресурсосбережение, модернизация и диверсификация производства – это совокупность проблем и стратегических направлений инновационного технологического развития многих отраслей и сфер отечественной экономики. Их решение напрямую зависит от достигнутого уровня качества продукции производственно-технического назначения. В настоящее время остро стоит проблема повышения качества отечественной продукции до уровня лучших мировых образцов-аналогов и, в первую очередь, это относится к продукции машиностроения, обеспечивающей машинами и оборудованием машинно-технологичные производства многих отраслей и комплексов. От технического уровня, качества изготовления и эксплуатационной надежности выпускаемых машин и оборудования зависят стабильность и эффективность производственных процессов, издержки производства и качество производимой продукции и, как следствие, конкурентоспособность и спрос на рынке техники [1–3].

Целью данного направления исследований является всемерное повышение качества, надежности и эффективности машин и оборудования российского производства на основе разработки и внедрения фирменного метода технического сервиса машин и оборудования.

Результаты организационно-технологических исследований показывают, что только полное удовлетворение потребностей машинно-технологичных производств в качественной и надежной технике, обеспечение ее фирменного технического сопровождения в течение всего жизненного цикла машин является обязательным условием решения проблемы повышения их качества и надежности и обеспечения приоритета прав потребителя в борьбе за потребителя [4–6].

Участие и управление процессами технического сервиса машин и оборудования при фирменном инженерно-техническом сопровождении в течение всего жизненного цикла обеспечивает фирма-производитель техники. Наличие достоверной информацией о реальном состоянии ее качественного уровня и эксплуатационной надежности напрямую влияют на потребительский спрос по конкретным типам и маркам машин и уровень рыночных цен. Потребители, приобретая машины, хотят знать величину эксплуатационных затрат и себестоимость производимой с помощью этих машин и оборудования продукции, работ и услуг. Кроме того, от надежности машин и оборудования зависит количество и продолжительность их простоев по техническим причинам, стабильность и своевременность производственных и технологических процессов, качество производимой продукции [5–7].

Учитывая многогранные характеристики и свойства качества машиностроительной продукции, развитие машинных технологий во многих отраслях экономики и сферах производства, составляющих единый производственно-экономический комплекс страны, целесообразность повышения качества и конкурентоспособности продукции машиностроения производственно-технического назначения является общегосударственной стратегической задачей.

Главной проблемой в этом направлении является повышение уровня надежности отечественных машин и оборудования и, в первую очередь, безотказности, которая значительно ниже лучших мировых аналогов. Основным средством для достижения поставленной цели является фирменный метод инженерно-технического сервиса (сопровождения) выпускаемой машиностроительной продукции в течение всего жизненного цикла машин и оборудования. При его реализации фирма-производитель получит возможность получения достоверной информации о реальной надежности выпускаемых машин и оборудования. Это создает условия для своевременного и быстрого устранения не только последствий их возникновения, но и вообще их исключения за счет оперативного совершенствования конструктивных элементов машин [6–9].

Практическая реализация фирменного метода технического сервиса требует совершенствования существующей производственно-технологической системы машиностроительных предприятий или объединений, строящих свою деятельность на технологических принципах современных фирм. Это, в свою очередь, потребует инновационного развития форм и методов организации технического сервиса, разработки организационно-технологических и экономических основ и критериев оценки повышения качества, надежности и эффективности машин и оборудования, внедрения перспективных механизмов взаимоотношений в системе машиноиспользования в течение всего жизненного цикла.

Переход системы на фирменное инженерно-техническое сопровождение (фирменный технический сервис) и внедрение экономического механизма взаимоотношений устанавливают критерии оценки качества машин и оборудования и уровня их эксплуатации, полную экономическую ответственность изготовителя или потребителя за необеспечение работоспособности машин по причине низкой надежности или нарушения требований эксплуатации. Структуры технического сервиса, инженерно-технические центры, представляющие интересы фирм-производителей непосредственно перед потребителями техники должны стать заинтересованными в повышении качества и надежности продукции. На постоянное повышение качества машин должен быть направлен механизм ценообразования на технику и на обеспечение работоспособности, стимулирующий стремление изготовителя выпускать более качественную и надежную технику [7–9].

Наличие сети инженерно-технических центров изготовителя приближает предлагаемые машины и оборудование к потребителю, обеспечивает их рекламу, способствует изучению спроса и предложений на машины, оборудование и услуги по монтажу, консалтингу, обеспечению работоспособности и т.д., что позволяет провести оптимальную диверсификацию производства, также направленную на повышение качества и надежности машин и оборудования российского производства.

Основными выходными результатами решаемых проблем данного направления исследований должны стать предлагаемые к разработке и внедрению [10–13]:

- организационно-технологическое проектирование и организация фирмы-производителя машин и оборудования;
- организационно-технологическое проектирование и организация сети центров технического сервиса машин и оборудования фирмы-производителя;
- разработка, адаптация и внедрение системы повышения качества и надежности машин и оборудования фирмы-производителя;
- разработка, адаптация и внедрение механизма взаимоотношений между производственными, обслуживающими и эксплуатирующими машины и оборудование структурами (предприятиями);
- разработка методических основ функционирования и экономического регулирования в деятельности предлагаемой системы повышения качества и надежности выпускаемых фирмой машин и оборудования.

Экономическая эффективность практической реализации полученных результатов исследования для производителя техники, машин и оборудования может быть обеспечена при комплексной его реализации за счет [14]:

- повышения уровня конкурентоспособности машин и оборудования за счет повышения качества изготовления и надежности;
- увеличения объемов реализации машиностроительной продукции за счет роста конкурентоспособности;
- возможности обоснованного увеличения цен на более качественные и надежные машины и оборудование;
- диверсификации деятельности производителей техники в направлении развития рынка услуг технического сервиса;
- обеспечения прямой связи между производителем и потребителем машин и оборудования для решения задач повышения их качества и надежности, своевременного обеспечения запчастями и ремтехматериалами, повышения уровня работоспособности и т.д.;

– обеспечения мониторинга рынка техники и услуг, их качества и надежности, изучения реальных потребностей и требований потребителей к технике и техническому сервису;

– экономии и рационального использования всех видов производственно-технических ресурсов за счет производства качественной и надежной техники.

Основные выводы и предложения по результатам исследования:

1. Обеспечить реорганизацию существующей системы машиностроительного производства обособленных заводов-изготовителей техники в фирменную производственно-технологическую систему (фирмы).

2. Разработать и внедрить фирменную систему технического сервиса машин и оборудования.

3. Разработать и внедрить организационно-экономические механизмы повышения качества, надежности и эффективности российской техники.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Черноиванов В.И., Северный А.Э., Кушнарев Л.И. и др. / Проблемы технического сервиса в АПК России (монография). М.: ГОСНИТИ, 2000.– 309 с.

2. Стратегическое управление организационно-экономической устойчивостью фирмы / Логистико-ориентированное проектирование бизнеса / Канчавели, А.А. Колобов, И.Н. Омельченко и др. Под ред. Колобова А.А., Омельченко И.Н. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. –2001. – 600 с.

3. Чепурина Е.Л., Кушнарёв С.Л. Организация фирменного технического сервиса с.-х. техники//Тракторы и сельхозмашины. – № 10 – 2013. С. 3–4.

4. Чепурина Е.Л. Состояние организации технического сервиса машин и оборудования животноводства // Международный технико-экономический журнал. – № 4. – 2013. С. 61–66.

5. Чепурина Е.Л. Направления повышения конкурентоспособности отечественных машин и оборудования животноводства // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2017. № 7. С. 3–7.

6. Кушнарев Л.И. Фирменный технический сервис машин и оборудования. Проблемы. Поиски. Решения (монография) Saarbrücken, Deutschland/ Германия. Palmarium. Academic publishing – 2014. – 210 с. ISBN: 978-3-639-81441-5.

7. Кушнарев Л.И. К решению проблемы повышения конкурентоспособности отечественной техники // Ремонт, восстановление, модернизация. – № 5. – 2017. – С. 3–8.

8. Кушнарев Л.И. Чепурина Е.Л., Чепурин А.В., Кушнарев С.Л. Качество и надежность отечественной техники – основа ее конкурентоспособности // Тракторы и сельхозмашины. – 2015. – № 11. С. 35–37.

9. Кушнарев Л.И., Алешин В.Ф. Повышение конкурентоспособности машиностроения // Тракторы и сельхозмашины. – 2019. – № 6. С. 79–86.

10. Хабардин В.Н. Проблемы и концепция технического обслуживания машин в сельском хозяйстве: монография / В.Н. Хабардин. – Иркутск: Изд-во ИрГАУ, 2020. – 124 с.

11. Кушнарев Л.И., Чепурина Е.Л., Кушнарев С.Л., Чепурин А.В. Модернизация системы технического сервиса аграрно-промышленного комплекса: монография / Под общей ред. Л.И. Кушнарева. М.: Издательство журнала «МЭСХ». – 2015. – 450 с.

12. Кушнарев С.Л. Принципы организации фирменного обслуживания сельскохозяйственной техники // Ремонт, восстановление. модернизация. – 2004. – №1. – С. 35–37.

13. Чепурина Е.Л. Состояние организации технического сервиса машин и оборудования животноводства // Международный технико-экономический журнал. – №4, – 2013. ООО «Спектр». – С. 61–67.

14. Чепурина Е.Л., Кушнарев Л.И. Роль и место производителей сельхозтехники в фирменном техническом сервисе // Техника и оборудование для села. – 2013. – № 7. – С. 38–40.



## НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

*С.Л. Кушнарев*

Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия

**Аннотация:** работа направлена на решение проблем конкурентоспособности в технической сфере, на основе повышения качества, надежности и эффективности машин и оборудования российского производства, обеспечения их работоспособности в процессе использования по прямому назначению. Приведены основные результаты организационно-технологических исследований и ожидаемая эффективность от их внедрения в практическую деятельность предприятий и отраслей.

**Ключевые слова:** машины, оборудование, технический сервис, конкурентоспособность, надежность, эффективность.

## DIRECTIONS FOR IMPROVING THE QUALITY OF MACHINERY AND EQUIPMENT

*S.L. Kushnarev*

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

**Abstract:** the work is aimed at solving the problems of competitiveness in the technical field, based on improving the quality, reliability and efficiency of Russian-made machines and equipment, ensuring their operability during use for their intended purpose. The main results of organizational and technological research and the expected effectiveness of their implementation in the practical activities of enterprises and industries are presented.

**Keywords:** machinery, equipment, technical service, competitiveness, reliability, efficiency.

Сегодня, как никогда, остро стоят проблемы импортонезависимости и импортозамещения высокотехнологичной промышленной продукции, что требует восстановления производственно-технологического потенциала не только предприятий машиностроения, но и предприятий всех машинно-технологичных отраслей экономики. Восстановление технологического потенциала предприятий до современного технического уровня требует значительных инвестиционных вложений. В нормальных рыночных условиях функционирования предприятий требуемый для развития производства объем инвестиций складывается из собственных и заемных средств.

Но в реальной экономической ситуации, когда идет постоянное снижение объемов производства и качества продукции машиностроения, растет ее себестоимость и снижается конкурентоспособность – собственные средства на инновационное развитие производства, как правило, отсутствуют. А объемов средств, выделяемых государством в качестве поддержки и дотаций предприятиям различных отраслей, явно хватает только на решение острых текущих вопросов.

В этой ситуации перед предприятиями, прежде всего машиностроения, стоит задача резкого повышения качества своей продукции, выпускаемых машин и оборудования, с показателями существенно выше выпускавшихся до настоящего времени. Реализация этой качественной техники должна сопровождаться разработкой и организацией фирменной системы технического сервиса предлагаемых машин и оборудования, в первую очередь, в гарантийный период эксплуатации, и широкой рекламной кампанией. Одновременно с началом выпуска техники повышенного качества необходимо приступить к созданию комплексной системы повышения качества продукции машиностроения на основе внедрения фирменного технического сервиса, что и является целью настоящей работы [1–4].

Это позволит, с учетом ценовой конкуренции и обеспечения высокого уровня работоспособности машин и оборудования в гарантийный период, потеснить, а то и вытеснить высоко конкурентную зарубежную продукцию, обеспечив увеличение выпуска российской техники и существенный прирост прибыли от производства и реализации техники. При этом, могут быть дополнительные доходы от организации производителем техники фирменного технического сервиса, которые также целесообразно направлять на инвестирование инновационного развития производства [5, 6].

Необходимо определить направления и степень диверсификации производства, на основании чего разрабатывается организационно-технологический проект технологической модернизации и развития производства. Главным направлением диверсификации любого машиностроительного производства, при обеспечении цели – повышения качества изготовления и показателей надежности выпускаемых машин и оборудования, должны стать разработка и внедрение системы фирменного технического сервиса. Такой подход является дальнейшим углублением предметной специализации существующего производства, обеспечивает массовое производство машин и оборудования и способствует созданию условий для выпуска качественной машиностроительной продукции [7–9].

Повышение качества изготовления и показателей надежности выпускаемых машин и оборудования, как показывают результаты организационно-технологических исследований и передовой опыт ведущих машиностроительных фирм мира, без внедрения фирменного технического сервиса невозможно. Фирменный технический сервис является мощным рычагом, стимулирующим производителя заботиться о постоянном повышении качества продукции на всех этапах жизненного цикла машины [8].

Особое внимание производителя техники при этом направляется на обеспечение высокого уровня работоспособности машин и оборудования в гарантийный период их эксплуатации и исследованию отказов и причин возникновения отказов с целью их исключения в дальнейшем. Обеспечение

требуемого уровня работоспособности машин и оборудования у потребителя, в процессе эксплуатации, позволит сократить количество unplanned отказов, простоев машин по техническим причинам и избежать экономических санкций за поставки некачественной техники. Исследование отказов и причин возникновения отказов позволит установить ненадежные агрегаты, узлы, соединения и уже в процессе проектирования и конструирования заложить новые технические и технологические решения, обеспечивающие повышение их качества изготовления и параметров эксплуатационной надежности [8–10].

Диверсификация машиностроительного производства в направлении повышения качества машин и оборудования требует более глубокого изучения всех возможностей и качественных характеристик машин, их составных частей, что в дальнейшем весьма положительно отразится на качестве их изготовления и параметрах надежности. При этом не требуется освоение совершенно новой продукции, а дополнительно к необходимости появляется возможность ее постоянной доработки, совершенствования и повышения качества изготовления, параметров эксплуатационной надежности. Диверсификация производственной деятельности предприятий машиностроения, в этом случае, обеспечивает расширение сферы их деятельности включая использование по назначению, технический сервис, машин и оборудования, таким образом, углубляя предметную специализацию и интегрируя ее в предметно-технологическую. При такой диверсификации не требуется освоение производства совершенно новых машин и оборудования. А весь производственный потенциал и ресурсы предприятий отрасли сосредоточены на решении организационно-технологических проблем качества, производительности и эффективности.

Определив в качестве основного направления диверсификации производства – повышение качества продукции на основе разработки и внедрения фирменного технического сервиса – получаем исходное требование к проведению технологической модернизации производств: машиностроительного, технического сервиса и обеспечения правильной эксплуатации машин и оборудования у потребителя.

Проведение технологической модернизации основного машиностроительного производства должно обеспечить требуемый уровень технического оснащения производства, точность и эффективность технологического оборудования, качество изготовления и надежность деталей, соединений, узлов и агрегатов машины. Технологические процессы производства деталей машин и оборудования должны обеспечивать ужесточение полей допусков размеров и снижение шероховатости (микронеровностей) обрабатываемых поверхностей, в первую очередь, ответственных соединений, интенсивно изнашивающихся деталей. Для этих целей при их изготовлении целесообразно предусмотреть дополнительные финишные операции (обработки) [10, 11].

Кроме того, высоконагруженные, быстро изнашивающиеся детали целесообразно изготавливать из более износостойких материалов, при необходимости рабочие поверхности подвергать упрочнению. При конструировании деталей машин необходимо исходить из требования – деталь должна быть исправной и не требовать замены или ремонта в течение всего установленного срока службы машины в реальных условиях эксплуатации. В противном случае, необходимо предусмотреть резервирование таких частей машины и повысить ремонтпригодность машины, агрегата для экстренной замены в реальных условиях эксплуатации при проведении плановых профилактических мероприятий системы технического сервиса.

Проведение технологической модернизации производства в условиях острого дефицита финансовых средств на техническое перевооружение должно основываться на тщательной технико-технологической целесообразности и технико-экономической оценке эффективности принимаемых технических и технологических решений. Выбор наиболее рационального варианта решения необходимо начинать с оценки состояния и технологических возможностей обеспечения высочайшего качества изделий. Если при этом имеются возможности доработки, модернизации конструкции технологического оборудования, то и они тоже должны быть приняты в расчет и учтены. После чего должна быть проведена технико-экономическая оценка эффективности всех рассматриваемых решений и определен наиболее целесообразный вариант.

Для обеспечения системного подхода и увязки всех вопросов по технологической модернизации производства целесообразно до ее начала предусмотреть разработку специального проекта технологического развития производства. При этом, особо необходимо подчеркнуть, что решение этих задач должно одновременно осуществляться комплексно и системно, как для сферы машиностроения, так и сферы технического сервиса, обеспечивая в каждой решение поставленных текущих и перспективных задач [11].

Таким образом, для повышения качественного уровня продукции российского машиностроения необходимо обеспечить:

- инновационное развитие форм и методов организации и системы производства техники в направлении повышения ее качества изготовления и повышения надежности;
- проведение диверсификации производственной и сервисной деятельности производителей техники на принципах предметной специализации производств;
- технологическую модернизацию системы производства и технического сервиса машин и оборудования перспективными эффективными технологиями и техническими средствами.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кушнарев Л.И. и др. Модернизация системы технического сервиса агропромышленного комплекса / Монография. Л.И. Кушнарев, Е.Л. Чепурина, С.Л. Кушнарев, А.В. Чепурин, В.М. Корнеев // Под редакцией Л.И. Кушнарева. М.: МЭСХ. – 2015. – 440 с.
2. Кушнарев Л.И. Технико-экономическая оценка отечественной и зарубежной техники. Монография. – М.: ФГБОУ ВПО МГАУ. – 2013.
3. Чепурина Е.Л. Состояние организации технического сервиса машин и оборудования животноводства. // Международный технико-экономический журнал. – № 4. – 2013. С. 61–66.

4. Кушнарeв Л.И. О создании инженерно-технической системы АПК Российской Федерации // Техника и оборудование для села. – № 8 (194). – 2013. – С. 30–34.

5. Кушнарeв Л.И. Чепурина Е.Л. Проблемы модернизации системы инженерно-технического обеспечения агропромышленного комплекса // Тракторы и сельхозмашины. – 2015. – № 6. – С. 37–41.

6. Чепурина Е.Л., Кушнарeва Д.Л. Состояние и воспроизводство материально-технической базы сельхозпроизводства. Сборник: «Региональные особенности рыночных социально-экономических систем (структур) и их правовое обеспечение». «Сборник материалов VI-й Международной научно-практической конференции. Московский университет им. С.Ю. Витте, Филиал в г. Пензе». – 2015. С. 319–326.

7. Кушнарeв Л.И. Методика обоснования параметров модернизации ремонтно-технической базы предприятий, эксплуатирующих сельхозтехнику // Тракторы и сельхозмашины. – 2015. – № 6. С. 49–51.

8. Кушнарeв Л.И., Чепурина Е.Л., Чепурин А.В., Кушнарeв С.Л. Качество и надежность отечественной техники – основа ее конкурентоспособности // Тракторы и сельхозмашины. – 2015. – № 11. С. 35–37.

9. Кушнарeв Л.И., Кушнарeв С.Л. К конкурентоспособности в технике через повышение качества // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. Орел. ОГУ имени И.С. Тургенева, 2018. – С. 19–23.

10 Чепурина Е.Л., Кушнарeв С.Л., Чепурин А.В. Проблемы технологической модернизации системы технического сервиса машин и оборудования АПК. Сборник: Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК. «Материалы Международной научно-практической конференции. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Управление образования и науки Тамбовской области, Управление сельского хозяйства Тамбовской области, Мичуринский государственный аграрный университет». – 2015. С. 297–305.

11. Чепурина Е.Л., Кушнарeв С.Л. Кадровое обеспечение инженерно-технической сферы АПК // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – №4 – 2015. С. 2–6.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРАЦИИ И ШУМА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

*М.И. Латыпов, Р.Р. Басыров*

Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского)  
федерального университета, Набережные Челны, Республика Татарстан

**Аннотация:** в статье проведен анализ вибраций и акустики автотракторной техники. Определены основные виброакустические характеристики автомобиля. Сделаны выводы по эксплуатационным испытаниям и виртуальным моделированием в процессе разработки автомобиля.

**Ключевые слова:** вибрация, виброакустические характеристики автомобиля, виртуальное моделирование, экспериментальные испытания, эксплуатация.

## INVESTIGATION OF VIBRATION AND NOISE DURING THE OPERATION OF AUTOMOTIVE EQUIPMENT

*M.I. Latypov, R.R. Basyrov*

Naberezhnochelninsky Institute (Branch) Kazan (Volga Region)  
Federal University, Naberezhnye Chelny, Tatarstan

**Abstract:** the article analyzes the vibrations and acoustics of automotive equipment. The main vibroacoustic characteristics of the car are determined. Conclusions are drawn on operational tests and virtual modeling during the development of the car.

**Keywords:** vibration, vibroacoustic characteristics of the car, virtual simulation, experimental tests, operation.

Вибрация возникает вследствие несовершенства конструкции, неправильной эксплуатации, внешних условий, например, рельеф дорожного



полотна, а также возможна специально генерируемая вибрация. Причиной усиления вибрации может быть резонанс. Вибрации оказывают влияние на долговечность, прочность и точность работы [1].

Вибрирующий объект обычно производит звук, и звук может быть раздражающим шумом. В случае, когда колеблющееся тело является прямым источником шума – например, при сжигании топлива вибрирующее тело или источник легко найти.

Небольшая вибрация может привести к большей вибрации и шумам из-за контакта вибрирующего тела с другими частями. Когда это произойдет, внимание фокусируется на том, где происходит большая вибрация или шум, в то время как реальный источник часто ускользает от внимания.

Понимание происхождения шума и вибрации помогает в процессе устранения неполадок. Развитие малого шума в большой шум начинается, когда источник вибрации (непреодолимая сила) генерирует вибрацию. Резонанс усиливает вибрацию с другими частями транспортного средства. Колеблющееся тело (тело, производящее звук), получает передачу от усиленной вибрации.

Анализ виброакустических характеристик подразделяется на внешний и внутренний. Внутренний относится к шумовым и вибрационным явлениям, с которыми сталкиваются пассажиры транспортных средств, в то время как внешний анализ предназначен для исследования шумов, излучаемых автомобилем, и его влиянием на человека и окружающую среду снаружи транспортного средства.

Определение требований к объекту исследований происходит по следующим направлениям:

- нормативные показатели;
- требования потребителя (диктуемые рынком);
- конкуренция.

Основные виды эксплуатационных испытаний:

Субъективные испытания аналогов представительной выборкой потенциальных покупателей;

- объективные испытания. Замер вибро-акустических характеристик (вибрации, шум) прототипов и аналогов по методикам экспериментальных испытаний (стендовые, дорожные, проездные испытания);

- замер нагрузок (испытания прототипов и аналогов по методикам экспериментальных испытаний на дорогах РФ);

- анализ выполнимости, формулировка и утверждение ключевых целей по проекту (требований) на основе результатов замеров и планируемого позиционирования автомобиля на рынке.

Экспериментальные испытания содержат:

- данные о реальных нагрузках и реальной функциональности;

- данные для настройки расчетных моделей;

- данные для построения гибридных моделей.

Виртуальное моделирование на этапе разработки позволяет:

- добиться требуемых показателей функциональности сначала в виртуальной среде, путем оптимизации расчетных моделей;

- решить ряд задач в процессе проектирования автомобиля (использование большого количества инструментов редактирования и исследования объекта).

К преимуществам применения разных способов исследования относятся:

- сопоставление результатов, которые позволяют исследователям получить сразу несколько показателей исследования по одному объекту и понять насколько расчеты были точны;

- возможность изменение виртуальной модели. Виртуальная модель позволяет изменять нужные характеристики объекта без создания физического тела, что экономит время и деньги исследования.

Связь и обмен данными эксплуатационных дорожных и виртуальных испытаний при исследовании объекта на допустимые вибрации показана на рисунке 1.

Связь и обмен данными эксплуатационных и виртуальных испытаний при исследовании объекта на акустику представлены на рисунке 2.

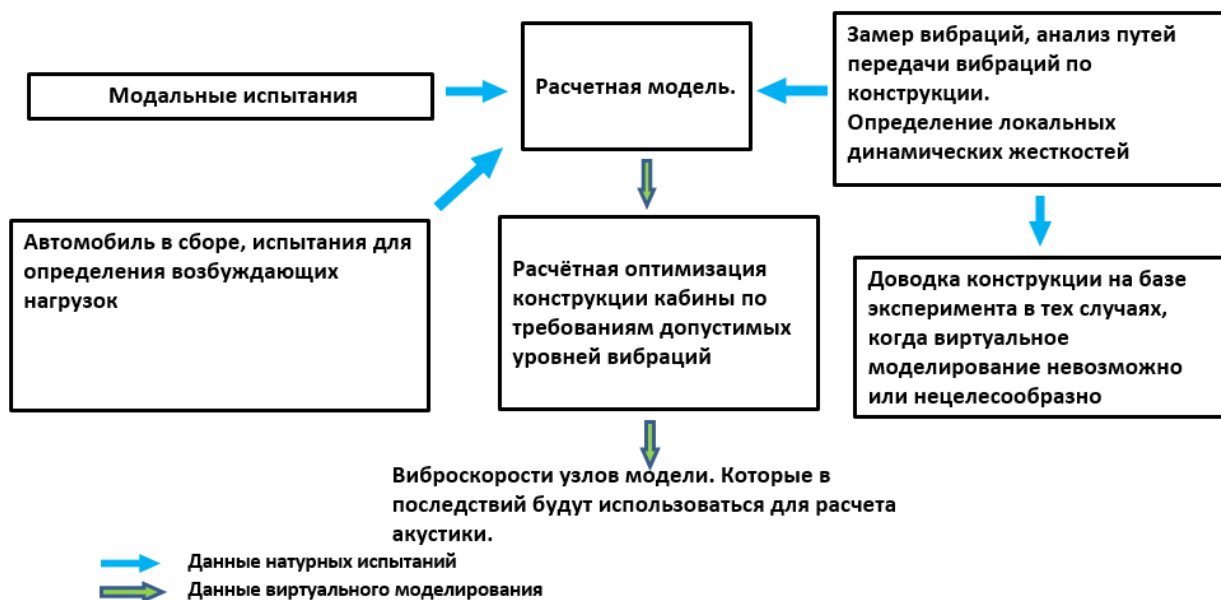


Рисунок 1. Связь и обмен данными эксплуатационных дорожных и виртуальных испытаний при исследовании объекта на допустимые вибрации



Рисунок 2. Связь и обмен данными эксплуатационных и виртуальных испытаний при исследовании объекта на акустику

Частные случаи влияния на вибро-акустические характеристики конструктивных элементов автомобиля:

Рулевое управление, ручка переключения передач – требование – обеспечения в указанных пределах в задании на проект уровней вибрации;

- сидения (за счет, как правило, пористого материала обивки) – в зависимости от типа автомобиля заметно влияют на шум в салоне;

- подвеска и трансмиссия автомобиля напрямую влияют на вибро-акустические характеристики (тип подвески, способ крепления к кузову, жесткости компонентов подвески и опор – важнейшие конструктивные параметры, должны быть выбраны оптимально и обоснованно);

- обивка и звукоизолирующие/виброгасящие покрытия существенно влияют на вибро-акустические характеристики автомобиля (вносят заметный вклад, как в суммарный вес автомобиля, так и в целом в его стоимость, поэтому, зоны покрытий должны быть минимальными, а материал обивок и панелей – недорогим, но обеспечивающим заданные характеристики).

Разработка конструкции изделий с применением аппарата виртуального моделирования и натурных эксплуатационных дорожных испытаний позволяет достичь максимально возможного соответствия изделия сформулированным целевым требованиям по вибрациям и акустике (внутреннему и внешнему шуму).

Для более точных расчетов объекта требуется согласованного применения инструментов виртуального моделирования и дорожных испытаний, согласованной работы расчетных и экспериментальных данных. Это необходимо для того, чтобы сопоставить данные испытания идеальной модели (виртуальной) и экспериментальных исследований, на результаты которых влияют внешние факторы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шапкина Ю.В. Применение инновационной техники structural intensity analysis для повышения вибрационной надежности и усовершенствования акустического дизайна рулевой колонки автомобиля / Ю.В. Шапкина, Н.А. Кузьмин, В.А. Шапкин // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород). 2015. № 1. С. 139–149.

## ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕКУЩЕГО РЕМОНТА СИЛОВОГО АГРЕГАТА ТРАНСПОРТНОЙ МАШИНЫ

*Ш.С. Хуснетдинов, И.О. Нигаматьянов*

Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского)  
федерального университета, г. Набережные Челны, Республика Татарстан

**Аннотация:** в статье рассмотрены вопросы, возникающие при организации текущего ремонта поршневых двигателей колёсных машин. Проведен обзор методов ремонта и восстановления деталей двигателя на примере газораспределительного механизма. Предложены мероприятия по совершенствованию организации ремонта двигателей.

**Ключевые слова:** транспортная машина, силовой агрегат, газораспределительный механизм, распределительный вал, клапан, коромысло клапана, толкатель клапана, ударная нагрузка, температурный режим, коррозия.

## ORGANIZATION OF THE CURRENT REPAIR OF THE POWER UNIT OF THE TRANSPORT VEHICLE

*S.S. Husnetdinov, I.O. Nigamatyanov*

Naberezhnochelninsky Institute (Branch) Kazan (Volga Region)  
Federal University, Naberezhnye Chelny, Tatarstan

**Abstract:** the article deals with the issues arising in the organization of maintenance of piston engines of wheeled vehicles. The review of methods of repair and restoration of engine parts on the example of a gas distribution mechanism is carried out. Measures to improve the organization of engine repair are proposed.

**Keywords:** transport vehicle, power unit, gas distribution mechanism, camshaft, valve, valve rocker arm, valve pusher, shock load, temperature regime, corrosion.

Своевременное и квалифицированное проведение текущего ремонта агрегатов и систем транспортных машин позволяет повысить их долговечность. Вопросы организации и проведения текущего ремонта силовых агрегатов автотранспортных средств изучались в работах отечественных исследователей [1, 2]. Необходимость проведения текущего ремонта зависит от условий эксплуатации, так как режимы нагружения агрегатов и систем автомобиля связаны с дорожными и природно-климатическими условиями региона. При работе в условиях отрицательных температур атмосферного воздуха заметно меняются свойства материалов деталей и смазочных жидкостей [3, 4]. По этой причине происходит ряд поломок деталей и отказов автомобильных узлов. Это может повлиять на безопасность эксплуатации, особенно при выполнении междугородных перевозок в отдалённых слаборазвитых регионах [5]. Периодичность проведения технического обслуживания и текущего ремонта автотранспортных средств в соответствии с действующими регламентами изменяется, что приводит к дополнительным затратам на выполнение работ, оборудование и запасные части.

Рассмотрим целесообразность проведения мероприятий текущего ремонта силового агрегата на примере газораспределительного механизма. Механизм газораспределения дизельного двигателя выполняет функции подачи в цилиндры атмосферного воздуха и выпуска из них отработанных газов. На автомобилях КАМАЗ применяется верхнеклапанный газораспределительный механизм с нижним расположением распределительного вала.

Детали газораспределительного механизма испытывают значительные механические нагрузки (удары) в процессе работы. Кроме того, на детали, непосредственно связанные с цилиндропоршневой группой двигателя, воздействуют высокие температуры и активная химическая среда рабочей смеси и отработанных газов. Это приводит к износу деталей, коррозии поверхностей, образованию стойких отложений (нагара). В результате возникают неисправности газораспределительного механизма, связанные с износом и деформацией деталей, потерей герметичности, а также отказы, вызванные поломкой деталей.

Характерными неисправностями распределительного вала являются износы опорных шеек и кулачков, трещины и обломы, деформация вала и смятие шпоночного паза [6]. Для восстановления изношенных поверхностей применяется наплавка и шлифовка кулачков, правка вала на гидропрессе, заваривание и шлифование смятых поверхностей. Наплавка выполняется электродом ОЗИ-3 диаметром 3 мм ГОСТ 9466-75 сварочным током обратной полярности  $I_{св}=80...100$  А [6]. Для повышения износостойкости вала применяется полирование опорных шеек и кулачков, нанесение на кулачки противозадирного покрытия НК-II ТУ113-12-90-38.

Корпуса подшипников распределительного вала в процессе эксплуатации изнашиваются, на них возникают трещины и обломы, фланцевые части подвергаются изгибу и короблению. Рациональными способами восстановления корпусов подшипников являются вибродуговая наплавка в среде углекислого газа и осталивание (при существенном износе).

Наиболее частым дефектом коромысла клапана является износ отверстия, который устраняют установкой ремонтной детали (втулки) и обработкой под номинальный размер. При износе толкателя клапана применяются различные способы восстановления – хромирование, осталивание, наплавка специальным чугуном с последующим шлифованием, раздача в холодном состоянии. Также может применяться напыление по резьбе порошком ПТ-НАО и последующая металлизация проволокой Св-08Т2С-0 электрометаллизатором с током дуги 100...120 А [6]. Ремонт изношенных сёдел клапанов выполняют шлифованием рабочей поверхности, или, при значительных износах, фрезерованием с последующей притиркой.

Рабочие поверхности впускных и выпускных клапанов восстанавливают методом пластической деформации под номинальный размер или шлифованием под ремонтный размер. Необходимо также выполнять проверку клапана на изгиб стержня.

Восстановленные детали должны обеспечивать соответствие номинальных размеров, зазоров и люфтов, предусматриваемых инструкцией.

В частности, зазоры между коромыслами и стержнями клапанов должны находиться в диапазонах 0,25–0,30 мм (для впускных клапанов) и 0,35–0,40 мм (для выпускных клапанов) при нормальной температуре деталей.

Таким образом, анализ применяемых методов ремонта и восстановления деталей газораспределительного механизма при текущем ремонте показал их разнообразие и потребность в сложном технологическом оборудовании. Целесообразность применения тех или иных методов ремонтного воздействия необходимо рассматривать с позиции экономической эффективности мероприятий. Должна быть достигнута своевременная окупаемость технологического оборудования, что может быть обеспечено при соответствующем размере программы ремонта. Если использовать одинаковые методы восстановления для различных деталей, то при сохранении качества восстановления можно получить существенную экономическую выгоду.

Необходимо также принимать во внимание стоимость новых запасных деталей и затраты на восстановление. Также большое значение имеет величина срока службы восстанавливаемых деталей, которая зависит от надёжности удержания ремонтных слоёв материала на поверхности, их износостойкости и твёрдости.

Следует разработать алгоритм выбора методов восстановления деталей, который позволит сократить затраты на текущий ремонт газораспределительного механизма и повысить уровень загрузки оборудования. Такой алгоритм должен учитывать технико-экономические показатели технологического оборудования, применяемого на участке текущего ремонта силовых агрегатов. Применение алгоритма выбора методов восстановления деталей будет способствовать рациональной организации текущего ремонта.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кулаков А.Т. Особенности конструкции, эксплуатации, обслуживания и ремонта силовых агрегатов грузовых автомобилей: учебное пособие / А.Т. Кулаков, А.С. Денисов, А.А. Макушин. – Москва: Инфра-Инженерия, 2013. – 448 с. – Текст: непосредственный.



2. Гафиятуллин А.А. Технологические решения для обеспечения заложенных уровней ресурса, надежности и межсервисного интервала двигателей КАМАЗ / А.А. Гафиятуллин, С.В. Снарский, Ф.Л. Назаров [и др.]. – Текст: непосредственный // Современная техника и технологии: проблемы, состояние, и перспективы: Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции 26-27 ноября 2021 г. – Рубцовск: РИИ, 2021. – С. 140–146.

3. Барыкин А.Ю. Нагруженность деталей силового агрегата грузового автомобиля при эксплуатации в умеренном и северном климате / А.Ю. Барыкин, С.Г. Костин. – Текст: непосредственный // Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники: Материалы Международной научно-технической конференции им. В.В. Михайлова. – Вып. 35. – Саратов: ООО «Амирит», 2022. – С. 72–77.

4. Барыкин А.Ю. Методика оценки температурного состояния узлов трансмиссии автомобиля КАМАЗ в зимних условиях эксплуатации / А.Ю. Барыкин, Р.Х. Тахавиев. – Текст: непосредственный // Проблемы функционирования систем транспорта: материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (22–23 декабря 2017 г.): в 2-х т. / отв. ред. А. В. Медведев. – Тюмень: ТИУ, 2018. – С. 30–34.

5. Нигметзянова В.М. Безопасная эксплуатация автомобилей на территориях с холодным климатом за счет применения комплекса мероприятий, обеспечивающих надежность и комфортабельность работы / В.М. Нигметзянова, А.Ю. Барыкин, И.Н. Мусавиров. – Текст: непосредственный // Организация и безопасность дорожного движения: материалы XIII Национальной научно-практической конференции с международным участием (19 марта 2020 г.) / отв. ред. Д. А. Захаров. – Тюмень: ТИУ, 2020. – С. 502–506.

6. Азаматов Р.А. Восстановление деталей силового агрегата КАМАЗ 740.11-240 (Euro-1) / Р.А. Азаматов, А.С. Денисов, А.Т. Кулаков, П.Г. Курдин. Под ред. д.т.н., проф. А.С. Денисова. Учебное пособие. – Набережные Челны: ОАО «КАМАЗТЕХОБСЛУЖИВАНИЕ», 2007. – 306 с. – Текст: непосредственный.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СТЫКОВКИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА С ПРИЦЕПОМ

*С.А. Шишурин, А.М. Марадудин, В.В. Васильчиков,  
И.Ю. Илларионов, А.С. Клещевский*

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

**Аннотация:** в статье рассмотрено движение транспортного средства при его стыковке с прицепом. Получены теоретические зависимости, позволяющие определять положение транспорта, движущегося по траектории, необходимой для стыковки. Данные зависимости могут быть использованы для разработки алгоритма автоматического управления движением транспортных средств при выполнении операции стыковки с прицепным оборудованием.

**Ключевые слова:** системы автоуправления, плоское движение, неголономные системы, параллельное вождение, скорость.

## THEORETICAL ASPECTS OF AUTOMATIC DOCKETING OF A VEHICLE WITH A TRAILER

*S.A. Shishurin, A.M. Maradudin, V.V. Vasilchikov,  
I.Yu. Illarionov, A.S. Kleshevskiy*

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

**Abstract:** the article considers the movement of a vehicle, when it is docked with a trailer. Theoretical dependences are obtained, that allow determining the position of the transport moving along the trajectory, necessary for docking. These dependencies can be used to develop an algorithm for automatically controlling the movement of vehicles when performing a docking operation with trailer equipment.

**Keywords:** auto steering systems, plane motion, nonholonomic systems, parallel driving, velocity.

В зависимости от погодных условий и квалификации водителя процесс стыковки транспортного средства с прицепом может занимать длительное время, являться источником нерационального расхода технического ресурса трактора или автомобиля и топливо-смазочных материалов, а также приводить к поломке тягово-сцепного устройства. Поэтому разработка и внедрение системы автоматической стыковки транспортных средств с прицепами позволит избежать вышеуказанных проблем как в сельском хозяйстве (при использовании тракторов с прицепами), так и в отрасли грузоперевозок (при использовании автопоездов).

Для теоретического описания процесса стыковки транспортного средства с прицепом используем принципы теоретической механики и рассмотрим перемещение трактора относительно неподвижного прицепа (рис. 1).

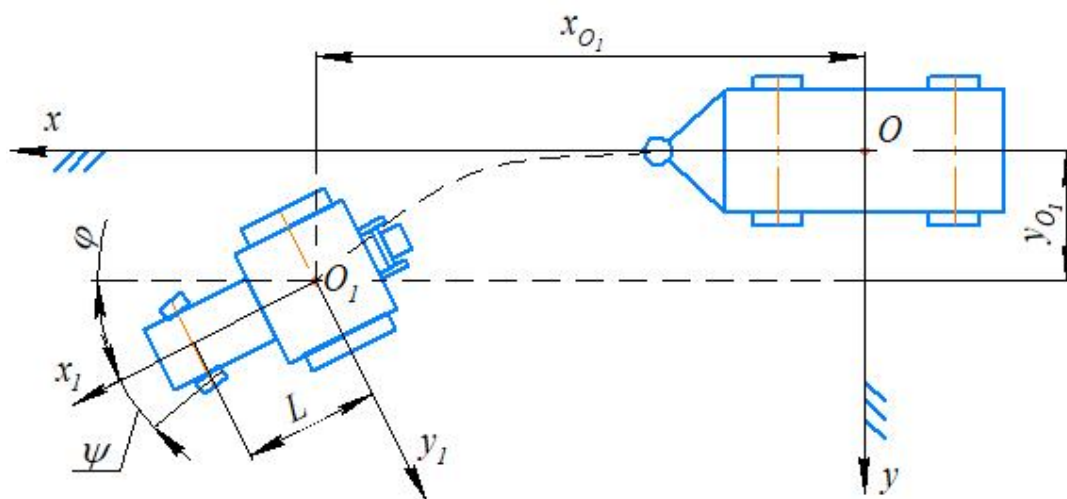


Рисунок 1. Схема стыковки трактора с прицепом.

Свяжем с прицепом неподвижную систему координат  $xOy$ . В общем виде относительно нее трактор для выполнения стыковки совершает плоское движение. Примем за полюс (точку  $O_1$ ) середину задней оси трактора и свяжем с ней подвижную систему координат  $x_1O_1y_1$ . Пусть  $x_{O_1}$  и  $y_{O_1}$  – координаты полюса  $O_1$  (начала подвижной системы координат), а  $\varphi$  – угол отклонения подвижных осей от неподвижной системы координат. При стыковке трактора с прицепом координаты полюса  $x_{O_1}$  и  $y_{O_1}$ , а также угол  $\varphi$  являются однозначными и непрерывными функциями времени  $t$ , следовательно, в общем виде

относительное движение трактора к прицепу будет задаваться системой параметрических уравнений [1]:

$$\begin{cases} x_{O1} = f_1(t); \\ y_{O1} = f_2(t); \\ \varphi = f_3(t). \end{cases} \quad (1)$$

Известна кинематическая модель транспортного средства с передними управляемыми колесами, заданная уравнением вида [2]:

$$\dot{X} = v \left( \cos \varphi, \sin \varphi, \frac{\tan \psi}{L} \right)^T, \quad (2)$$

где  $\dot{X} = \frac{dX}{dt}$  – скорость транспортного средства, м/с;  $X = (x_{O1}, y_{O1}, \varphi)^T$  – перемещение транспортного средства, м;  $v$  – скорость полюса  $O_1$  (продольная скорость), м/с;  $\psi$  – угол поворота рулевого колеса, рад.;  $L$  – длина колесной базы, м;  $T$  – продолжительность цикла движения, с.

Модель (2) адекватна для транспортного средства, перемещающегося по ровной поверхности без проскальзывания колес по грунту. Параметрические зависимости угла поворота рулевого колеса  $\psi(t)$  и скорости полюса  $v(t)$  от времени являются входными командами управления, приводящие транспортное средство в движение по заданной траектории  $X(t)$ . При этом положение транспорта на плоскости задается тремя координатами из системы (1) [2].

Математическая модель (2) описывается следующей системой уравнений [3]:

$$\begin{cases} \dot{x}_{O1} = v \cos \psi \cos \varphi; \\ \dot{y}_{O1} = v \cos \psi \sin \varphi; \\ \dot{\varphi} = \frac{v}{L} \sin \psi. \end{cases} \quad (3)$$

Представленные равенства (3) содержат производные от координат транспортного средства и являются уравнениями с неголономными связями, поскольку их нельзя проинтегрировать [3].

Для определения параметров перемещения транспортного средства по траектории  $X(t)$  в зависимости от времени  $t$ , прошедшего с начала движения, зададим значения угла поворота рулевого колеса  $\psi$  и продольной скорости  $v$ . Тогда система (3) примет вид:

$$\begin{cases} \dot{x}_{O1} = v \cos \varphi; \\ \dot{y}_{O1} = v \sin \varphi; \\ \dot{\varphi} = \frac{v}{L} \tan \psi. \end{cases} \quad (4)$$

Проинтегрируем уравнения системы (4) по времени:

$$\begin{cases} \varphi(t) = \varphi_0 + \frac{v}{L} \tan \psi t; \\ x_{O1}(t) = x_0 + \frac{L}{\tan \psi} \left[ \sin \left( \varphi_0 + \frac{v}{L} \tan \psi t \right) - \sin \varphi_0 \right]; \\ y_{O1}(t) = y_0 - \frac{L}{\tan \psi} \left[ \cos \left( \varphi_0 + \frac{v}{L} \tan \psi t \right) - \cos \varphi_0 \right]. \end{cases} \quad (5)$$

Полученная система уравнений может быть использована для построения алгоритма стыковки транспортного средства с прицепом. Исходное положение транспортного средства  $X_0 = (x_0, y_0, \varphi_0)^0$  соответствует начальному моменту времени  $t = 0$ . Конечное положение, при котором транспортное средство может быть состыковано с прицепом, обозначим как  $X_n = (x_n, y_n, \varphi_n)^{T_n}$ , где  $T_n$  – суммарное время перемещения. Тогда перемещение  $X_0 \rightarrow X_n$  может быть проведено за  $n$ -ое количество итераций продолжительностью  $t_i$  секунд каждое.

На каждой  $i$ -той итерации вводятся значения угла поворота рулевого колеса в пределах  $-\psi_{\max} \leq \psi_i \leq +\psi_{\max}$  и продольной скорости  $-v_{\max} \leq v_i \leq +v_{\max}$ . Причем, исходя из физических возможностей транспорта, максимальные значения задаваемых параметров  $\psi_{\max} = 0,7 \dots 0,96$  рад ( $40 \dots 55^\circ$  [4]) и  $v_{\max} = 2,78 \dots 3,33$  м/с ( $10 \dots 12$  км/ч).

Положение транспортного средства на  $i$ -той итерации может быть определено на основании системы (5):

$$\begin{cases} \varphi(t_i) = \varphi_{i-1} + \frac{v_i}{L} \sin \psi_i t_i; \\ x_{O1}(t_i) = x_{i-1} + \frac{L}{\tan \psi_i} [\sin \varphi_i - \sin \varphi_{i-1}]; \\ y_{O1}(t_i) = y_{i-1} - \frac{L}{\tan \psi_i} [\cos \varphi_i - \cos \varphi_{i-1}]. \end{cases} \quad (6)$$

Количество итераций  $n$  обусловлено начальным  $X_0 = (x_0, y_0, \varphi_0)^0$  и конечным  $X_n = (x_n, y_n, \varphi_n)^{Tn}$  положениями транспортного средства, а также входными командами управления  $\psi_i$  и  $v_i$  на каждой итерации.

Полученные теоретические зависимости (5) и (6), а также предложенный алгоритм могут использоваться для разработки системы автоматической стыковки транспортных средств с прицепами. Однако алгоритм требует оптимизации со стороны входных параметров с целью минимизации общего количества проведенных итераций  $n$ .

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курс теоретической механики: учебное пособие / М.С. Елисеев, М.Г. Загоруйко, А.М. Марадудин и др. – Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2018. – 250 с. – ISBN 978-5-7011-0793-7.
2. Paromtchik I.E. «Planning control commands to assist in car maneuvers» in Proc. IEEE Int. Conf. Advanced Robotics, Coimbra, Portugal, June 2003, pp. 1308–1313.
3. Latombe J.-C. Robot motion planning. Springer Science & Business Media, 2012, vol. 124.
4. Захаров А.В. Рулевое управление тракторов и автомобилей: лабораторный практикум / А.В. Захаров, А.В. Ващула, И.О. Захарова. – Минск: БГАТУ, 2010. – 64 с. – ISBN 978-985-519-335-8.

УДК 631.6

## ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА САЛАТНОЙ ЗЕЛЕНИ РУККОЛЫ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

*О.А. Баклушина*

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

**Аннотация:** в статье рассмотрена четырёхфакторная математическая модель множественной корреляции между урожайностью салатной зелени рукколы и влажностью, температурой воздуха, объёмами внесённых удобрений и числом дней роста растения.

**Ключевые слова:** коэффициент корреляции, множественная зависимость, график регрессии, факторные и результативные признаки.

## DIGITALIZATION OF ARUGULA SALAD GREENS PRODUCTION BASED ON MATHEMATICAL MODELING

*O.A. Baklushina*

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

**Abstract:** the article considers a four-factor mathematical model of multiple correlation between the yield of arugula salad greens and humidity, air temperature, the volume of fertilizers applied and the number of days of plant growth.

**Keywords:** correlation coefficient, multiple dependence, regression graph, factorial and effective signs.

Политика государства в области с/х реализует стратегию инновационного прорыва посредством формирования условий для разработки, производства, вывода на рынок и внедрения инновационной высокотехнологичной продукции,

которая невозможна без цифровизации отрасли во всех сферах. Математическое моделирование способно осуществлять прогноз результатов на основе статистической информации и математического аппарата. Для получения хорошего урожая рукколы в зоне Саратовского Левобережья необходимо предусмотреть множество факторов, предопределяющих результат: влажность почвы, ее плодородие, температура воздуха и почвы, нормы и сроки внесения органических и минеральных удобрений, время посадки и пр. Проведенные в 2019–2022 гг. эксперименты позволили проанализировать массив данных из 144 экспериментов, показывающих урожайность в сроки посадки апрель–сентябрь при различных внешних и внутренних факторах при трёх режимах орошения – умеренном, повышенном и интенсивном, (поддержание влажности почвы на уровне 70 %, 80 % и 90 % НВ – соответственно).

Определяя перспективу производства рукколы в весенний, летний и осенний период выращивания удобно использовать прогноз на основе математического моделирования на основе аналитических данных. Урожайность рукколы (т/га) принята за результативный признак (Y); факторы влияющие на результат: X1 – удобрения, кг/га; X2 – оросительная норма, в соответствии с режимами увлажнения (70 %; 80 %; 90 %) л/га; X3 – средняя *t* почвы; X4 – суммарная температура воздуха за период созревания 1 урожая (от всходов до цветения); X5 – средняя температура воздуха; X6 – число дней роста урожая; X7 – влажность воздуха, %; X8 – среднее время освещенности, час. Число экспериментов за период 2019–2022 года – 144. Проводя анализ множественной зависимости, пришли к выводу, что выращивание рукколы на тёмно-каштановых суглинках возможно только при поддержании влажности на уровне 8–90 НВ и с применением удобрений. Воздействие прочих факторов позволило сформировать четырёхфакторную модель зависимости.

Коэффициент корреляции между фактором/результатом и между фактором/фактором рассчитывали по формуле:

$$r = \frac{\Sigma xy - \frac{\Sigma x \cdot \Sigma y}{n}}{\sqrt{\left| \Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{n} \right| \cdot \left| \Sigma y^2 - \frac{(\Sigma y)^2}{n} \right|}},$$

где X – факторный признак; Y – результативный (урожайность).



Группировка данных отражает деланки с применением удобрения и поддержанием влажности почвы на 80 и 90 % уровне НВ при весенне-осеннем выращивании. Всего за 4 года эксперимента таких опытов было 24 (фрагмент таблицы. 1).

Таблица 1 – Сводка результативных и факторных признаков

	Y	У <sub>теор</sub>	Y- У <sub>теор</sub>	(Y- У <sub>теор</sub> ) <sup>2</sup>	X1	X4	X6	X7
	Урожайность ц/га				Удобрения, кг/га	∑ t воздуха	Число дней роста	Влажность воздуха, %
1.	29,54	11,57	-1,23	1,50	34,286	656	35	62
2.	31,51	11,76	-0,73	0,54	37,8	656	35	62
3.	32,74	12,10	-0,64	0,41	37,714	553	23	68,8
...								
24.	39,91	13,28	0,69	0,47	76,96	834	42	55,76
∑	823,20	286,49	1,63	12,68	1055,2	15184	816	1484,5

Парная корреляция по дифференцированным наблюдениям данной таблицы отражена в группировке (табл. 2).

Таблица 2 – Парные коэффициенты корреляции

	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
Y		0,61	-0,04	-0,18	0,83	-0,13	0,82	0,63	0,21
X1	0,61		0,43	0,04	0,53	0,29	0,31	0,134	0,32
X2	-0,04	0,43		0,28	0,13	0,444	-0,2	-0,31	0,32
X3	-0,18	0,04	0,28		-0,1	0,374	-0,2	-0,14	0,76
X4	0,83	0,53	0,13	-0,1		-0,21	0,88	0,3	0,28
X5	-0,13	0,29	0,44	0,37	-0,2		-0,6	0,15	0,52
X6	0,82	0,31	-0,2	-0,2	0,88	0,6		0,25	-0,01
X7	0,63	0,134	-0,1	-0,14	0,3	0,15	0,25		0,03
X8	0,21	0,32	0,76	0,76	0,28	0,52	-0	0,03	

Максимальное количество коэффициентов корреляции, показывающие сильную и среднюю связь в данном расчете, больше свидетельствует об отборе наиболее существенных внешних и внутренних факторов.

Проиллюстрируем степень тесноты связи между вышеперечисленными факторными признаками с помощью точечной диаграммы парной корреляции – сильная положительная взаимосвязь (рис. 1); средняя положительная взаимосвязь (рис. 2).

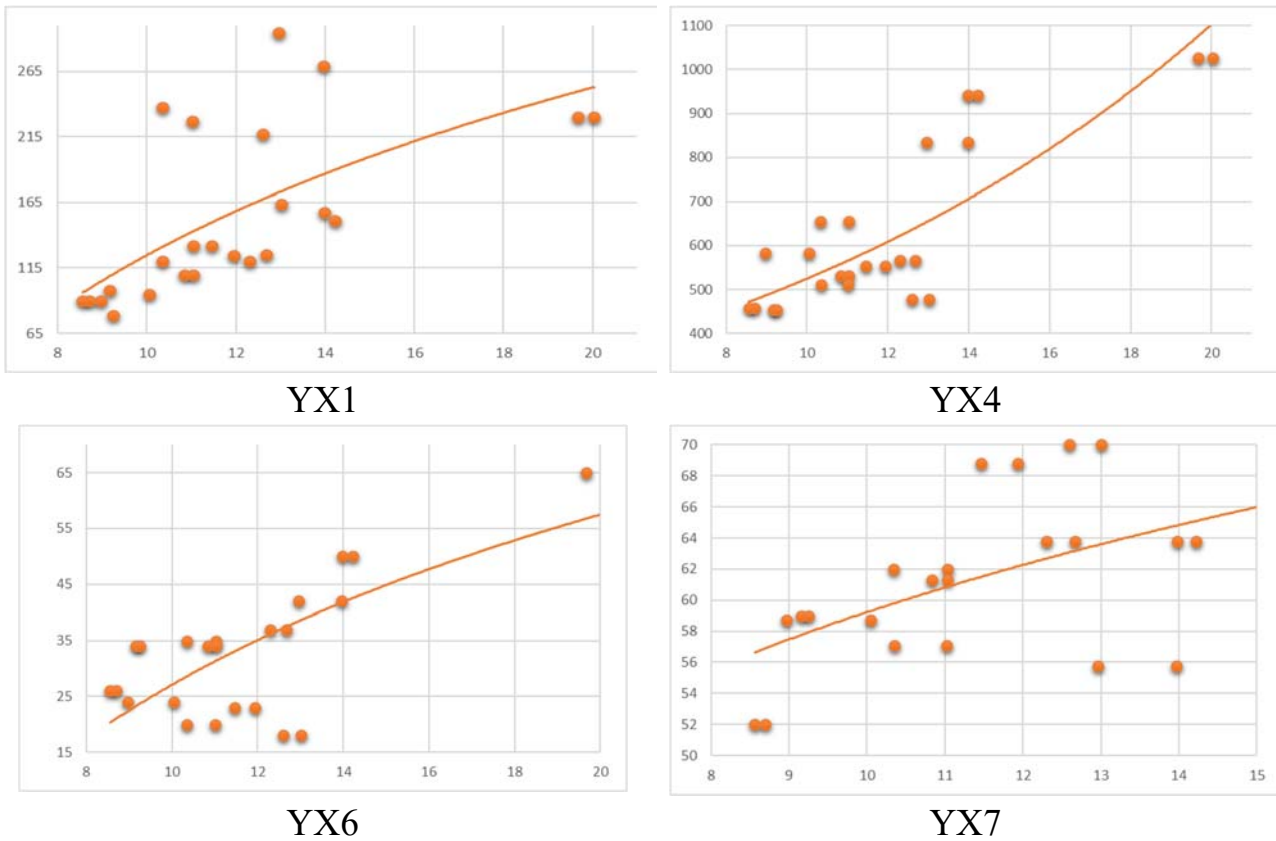


Рисунок 1. Парная взаимосвязь

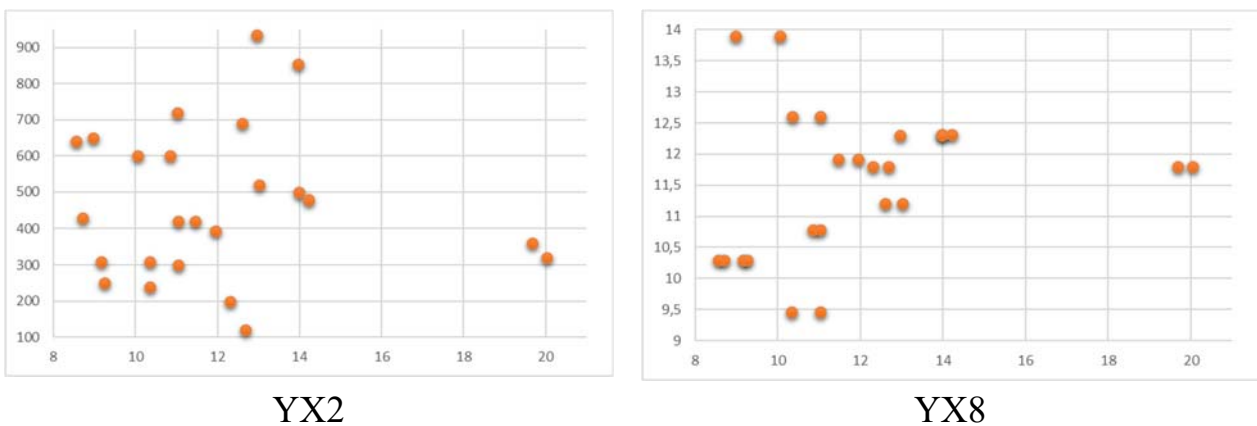


Рисунок 2. Точечное распределение средней зависимости

Анализ рисунков 1 и 2 предполагает возможность использования линейного уравнения зависимости:  $\hat{y} = a + b_1x_1 + b_4x_4 + b_6x_6 + b_7x_7$ .

Для оценки параметров уравнения использовали метод наименьших квадратов, т.е. строили систему нормальных уравнений и вычисляли параметры системы.

$$\begin{cases} \sum y = na + b_1 \sum x_1 + b_2 \sum x_2 + \dots + b_p \sum x_p, \\ \sum yx_1 = a \sum x_1 + b_1 \sum x_1^2 + b_2 \sum x_2x_1 + \dots + b_p \sum x_px_1, \\ \dots \\ \sum yx_p = a \sum x_p + b_1 \sum x_1x_p + b_2 \sum x_2x_p + \dots + b_p \sum x_p^2. \end{cases}$$

Подставим данные таблицы 1.

$$\begin{cases} 24a + 3693b + 15184c + 816d + 1485e = 288 \\ 3693a + 662886b + 2485680c + 131554d + 229561e = 46996 \\ 15184a + 2485680b + 10439384c + 567286d + 946530e = 192986 \\ 816a + 131554b + 567286c + 31800d + 50896e = 10495 \\ 1485a + 229561b + 946530c + 50896d + 92551e = 18062 \end{cases}$$

Решение данных систем уравнения матричным методом или методом Гаусса даёт значение пяти неизвестных:  $a = -10.98$ ;  $b_1 = 0.016$ ;  $b_4 = 0.01$ ;  $b_6 = 0.11$ ;  $b_7 = 0.25$ . Модель зависимости урожайности от четырёх факторов имеет вид:

$$\hat{y} = b_1x_1 + b_4x_4 + b_6x_6 + b_7x_7,$$

$$\hat{y} = -10,98 + 0.16x_1 + 0.01x_4 + 0.11x_6 + 0.25x_7 .$$

Найдем среднюю квадратическую ошибку:

$$Se = \sqrt{\frac{\sum(Y-\hat{Y})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{12,6771}{24-5}} = 0,817 \frac{Se}{\bar{Y}} \cdot 100 = \frac{0.817}{11,94} = 6,8 \%$$

Средняя квадратическая ошибка уравнения 6,8 %, следовательно уравнение точно отражает взаимосвязь урожайности салатной зелени рукколы и внешних факторов, воздействующих на урожайность. Проиллюстрируем различие и совпадение между реальными уровнями урожайности и теоретически расчетными по четырёхфакторной модели (рис. 3).

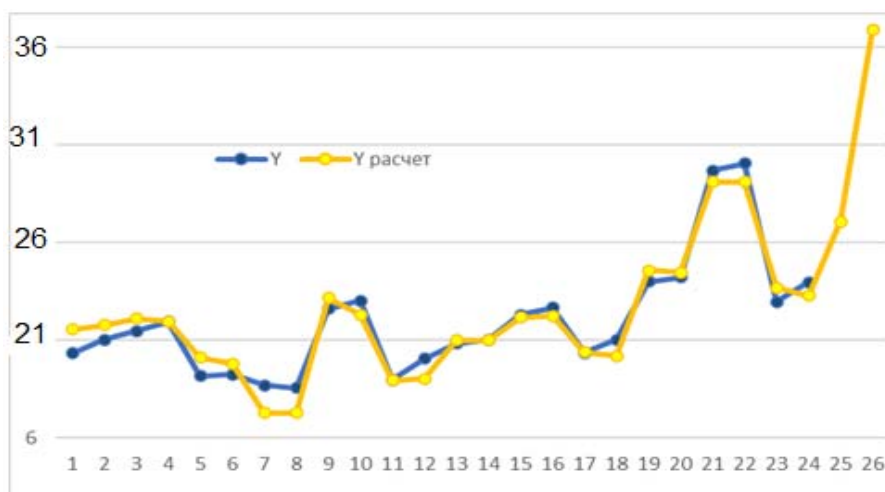


Рисунок 3. Теоретические и фактические уровни урожайности

На рисунке 3 последние два уровня, отражённые желтым цветом показывает планируемый уровень урожайности при средних значениях по четырем факторам (предпоследняя точка) и идеальных условиях развития салатной зелени рукколы (последняя точка). Определим совокупный коэффициент корреляции по формуле:

$$R = \sqrt{\frac{r^2yx_1+r^2yx_4+r^2yx_6+r^2yx_7-2ryx_1\cdot ryx_4\cdot ryx_6\cdot ryx_7\cdot rx_1x_4\cdot rx_1x_6\cdot rx_1x_7\cdot rx_4x_6\cdot rx_4x_7\cdot rx_6x_7}{1-r^2x_1x_4\cdot r^2x_1x_6\cdot r^2x_1x_7\cdot r^2x_4x_6\cdot r^2x_4x_7\cdot r^2x_6x_7}}$$

$$= \sqrt{\frac{0,61^2+0,83^2+0,82^2+0,63^2-2\cdot 0,61\cdot 0,83\cdot 0,82\cdot 0,63\cdot 0,53\cdot 0,31\cdot 0,134\cdot 0,88\cdot 0,3\cdot 0,25}{1-0,53^2\cdot 0,31^2\cdot 0,134^2\cdot 0,88^2\cdot 0,3^2\cdot 0,25^2}} = 0,9.$$

Близость совокупного коэффициента корреляции к единице означает: роль не учтенных в модели факторов ничтожна, и есть основания считать, что параметры регрессионной модели отражают степень эффективности включенных в нее факторов.

Для сравнения роли отдельных факторов в формировании показателя урожайности найдем коэффициенты эластичности:

а) для фактора X1 =  $b_1 \cdot \frac{x_1}{\bar{Y}} = 0,016 \cdot \frac{43,968}{34,3} = 0,021$ ;

б) для фактора X4 =  $b_4 \cdot \frac{\bar{x}_4}{\bar{Y}} = 0,001 \cdot \frac{632,67}{34,3} = 0,3$ ;

в) для фактора X6 =  $b_6 \cdot \frac{x_6}{\bar{Y}} = 0,11 \cdot \frac{34}{34,3} = 0,016$ ;

г) для фактора X7 =  $b_7 \cdot \frac{\bar{x}_7}{\bar{Y}} = 0,26 \cdot \frac{61,8}{34,3} = 0,03$ .

А это значит, что прибавка удобрений на 1 % повысит урожайность рукколы на 0,021 %. При увеличении суммарной температуры воздуха на 1 % урожайность растет на 0,3 %. Однако данный критерий не должен выходить за границы оптимальных, для роста рукколы, температур (17–21 °С). При увеличении число дней роста (от всходов до цветения) на 1 % урожайность растет лишь на 0,016 %. Повышение влажности воздуха на 1 % вызовет прибавку урожая на 0,03 %.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антохонова И.В. Методы прогнозирования социально-экономических процессов : учеб. пособие для вузов / И. В. Антохонова. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2018. – 213 с.

2. Калинина В.Н. Математическая статистика: Учеб. для студ. средн. спец. учеб. заведений/ В.Н. Калинина, В.Ф. Панкин. – 6-е изд., испр. – М.: Дрофа, 2021. – 336 с.

УДК 004.942

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

*М.С. Куприн, И.А. Осипов, Н.Е. Самохин*

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

*А.В. Ключиков*

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

**Аннотация:** рассмотрена возможность применения среды разработки Unity для имитационного моделирования сельскохозяйственной техники. Описано применение программного пакета для проектирования систем имитационного моделирования мобильных роботов при создании цифрового двойника трактора МТЗ 1523 "Беларусь".

**Ключевые слова:** имитационное моделирование, виртуальная модель, трактор, Unity.

## SIMULATION MODELING OF AGRICULTURAL MACHINERY

*M.S. Kuprin, I.A. Osipov, N.E. Samokhin*

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russia

*A.V. Klyuchikov*

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

**Abstract:** the possibility of using the Unity development environment for simulation of agricultural machinery is considered. The application of a software package for the design of simulation systems for mobile robots in the creation of a digital twin tractor MTZ 1523 "Belarus" is described.

**Keywords:** simulation, virtual model, tractor, Unity.

По данным Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации, парк основных видов техники в сельскохозяйственных организациях в период с 1990 г по 2021 сократился. Количество тракторов сократилось с 1365.6 тыс. до 198.3 тыс., комбайнов – с 579.8 тыс. до 66.1 тыс. [1]. График изменения парка тракторов представлен на рисунке 1 а.



Рисунок 1. Временной график: а – изменения количества тракторов, б – нагрузки пашни на один трактор в гектарах

При сокращении парка нагрузка пашни в га. на один трактор увеличилась с 95 га. до 363 га. График изменения нагрузки представлен на рисунке 1б [2].

С увеличением нагрузки на технику ускоряется износ, увеличиваются вероятности выхода из строя деталей и узлов. Для обеспечения работоспособного состояния аграрной техники требуются квалифицированные специалисты. В сельском хозяйстве активно применяются цифровые технологии [3], в том числе и цифровое обучение [4].

С применением Unity [5] разработан программный пакет для имитационного моделирования мобильных роботов (RSMA) [6]. Пакет представлен модулями – компонентами, описывающими поведение элементов робототехнических систем. Для расчетов физических взаимодействий использовались компоненты Joint [7], Rigidbody [8] и Collider [9]. Инструменты редактора Unity и модули имитации механических соединений с различным количеством степеней свободы

обеспечивают моделирование колесных платформ. Пакет позволяет моделировать поведение колесных транспортных средств. Для апробации возможности и стабильности моделирования был выбран колесный трактор МТЗ 1523 "Беларусь". Виртуальная модель трактора (рис. 2) помещена на тестовый полигон, созданный с применением объекта Terrain и редактора Unity (рис. 3) [10-11]. На полигоне созданы препятствия и неровности для проверки проходимости виртуального трактора и стабильности вычислений физического движка при движении массивных объектов.



Рисунок 2. Виртуальная модель трактора

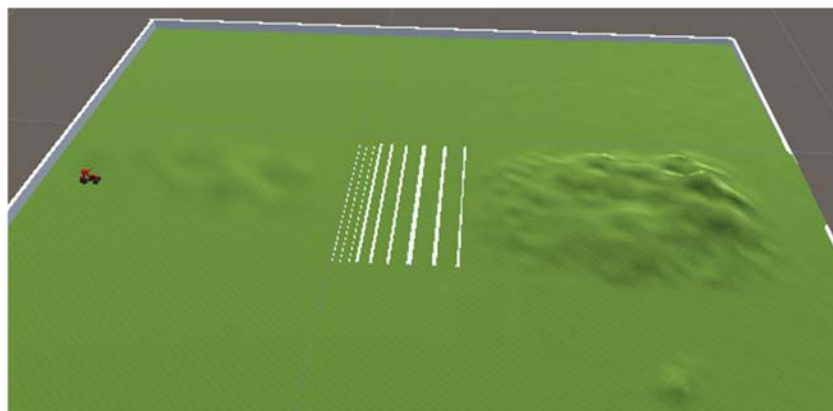


Рисунок 3. Виртуальный полигон

Примеры имитационных модулей и их настройки приведены на рисунке 4. Для управления двигателем использован микроконтроллер STM. В кабине размещены: микроконтроллер, драйверы двигателя и дисплей, где по протоколу передачи данных визуализируется значение управляющего сигнала от микроконтроллера (рис. 5). Для управления используется модуль виртуальной клавиатуры, подключенный к микроконтроллеру.

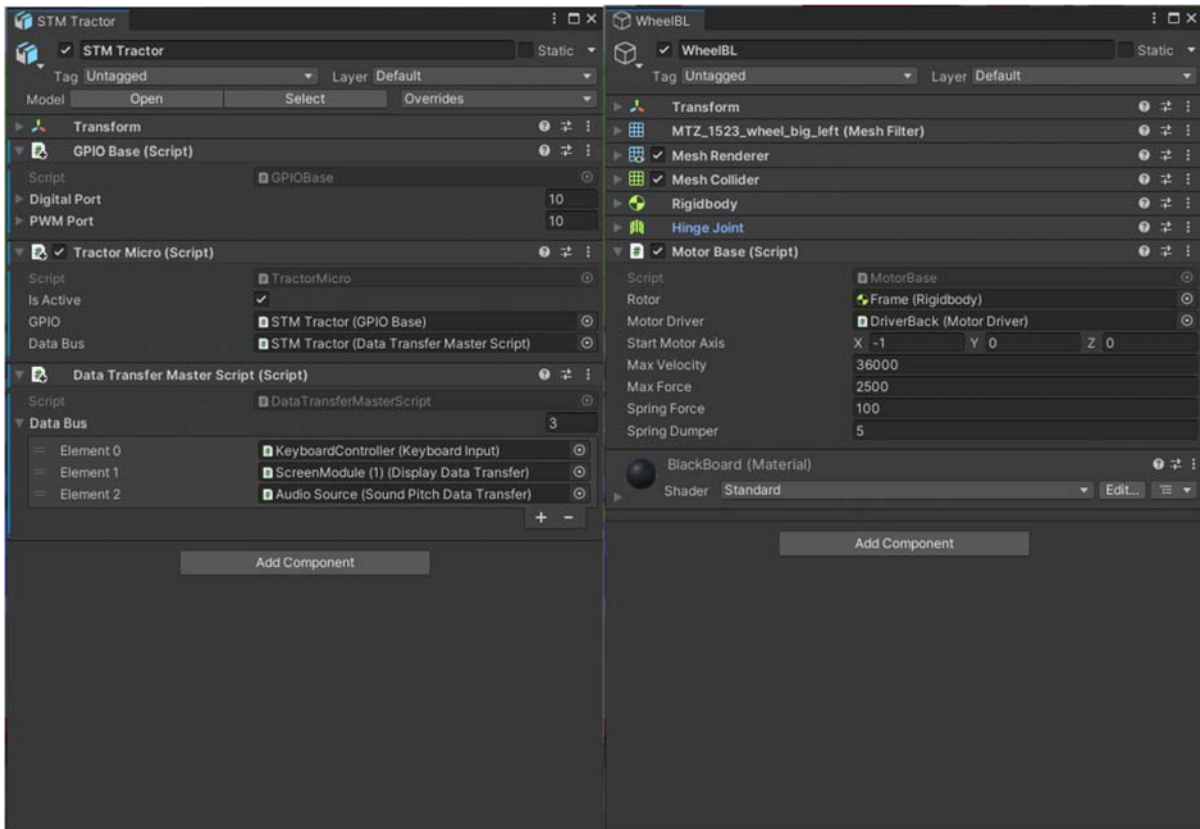


Рисунок 4. Имитационные модули микроконтроллера и колес

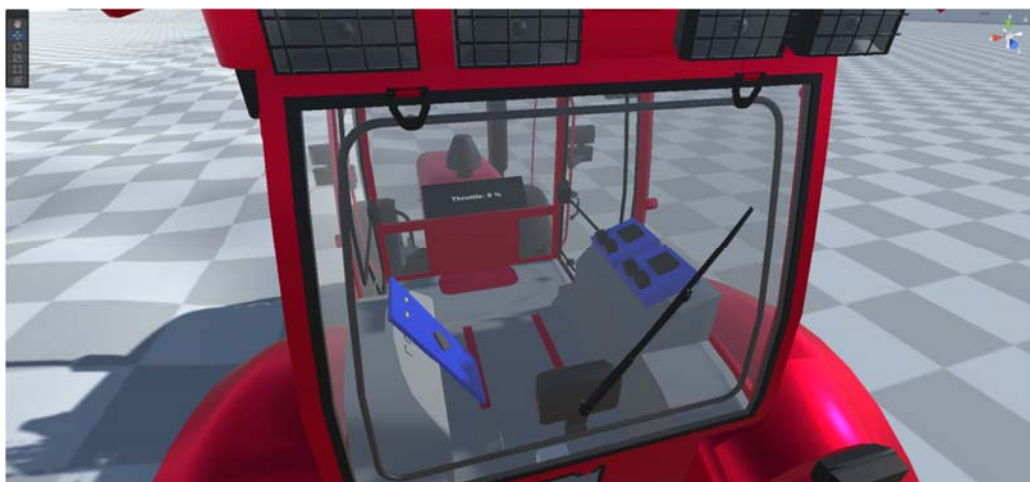


Рисунок 5. Кабина виртуального трактора



Настроенная модель испытана на виртуальном полигоне. Трактор успешно преодолел препятствия (рис. 6), достигнуто стабильное поведение колес, передней подвески при движении по неровностям. Полученная виртуальная модель может применяться при проведении испытаний нового навесного оборудования, цифрового обучения машинистов трактористов и инженеров-механиков, так как Unity поддерживает работу с VR-гарнитурами, рулями и джойстиками [12].

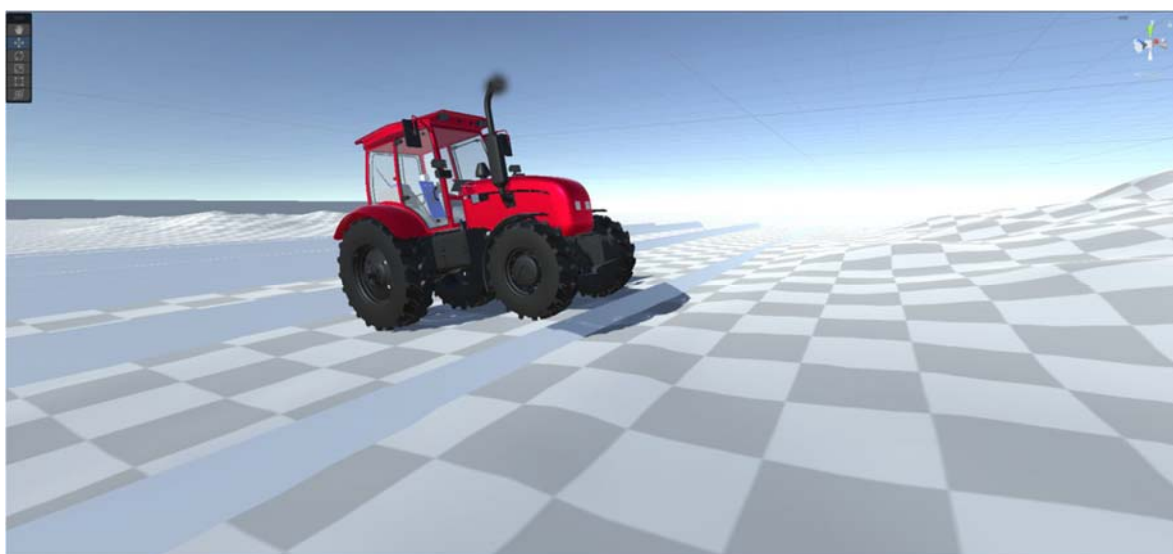


Рисунок 6. Преодоление препятствий цифровым двойником

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Парк основных видов техники в сельскохозяйственных организациях по Российской Федерации: Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/mtbs-1.xls> (Дата обращения 1.02.2023).
2. Обеспеченность сельскохозяйственных организаций тракторами и комбайнами по Российской Федерации: Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/mtbs-2.xls> (Дата обращения 1.02.2023).

3. Но, Т.М.Н., Burny, P. (2023). The Use of Farm Digital Tools in Crop Production in Wallonia: Situation, Key Points and Actors. In: Pascuzzi, S., Santoro, F. (eds) Farm Machinery and Processes Management in Sustainable Agriculture. FMPMSA 2022. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 289. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-13090-8\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-031-13090-8_20).

4. Царапкина Юлия Михайловна, Лемешко Татьяна Борисовна, Миронов Алексей Геннадьевич Цифровые технологии в подготовке студентов аграрного вуза // Проблемы современного педагогического образования. 2018. №61-3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-tehnologii-v-podgotovke-studentov-agrarnogo-vuza> (дата обращения: 09.02.2023).

5. Unity - Unity User Manual 2021.3 (LTS) // Unity User Manual 2021.3 (LTS) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.unity3d.com/Manual/index.html> (Дата обращения: 07.09.2022).

6. Simulation Modeling of Mobile Robotic Complexes Tool Analysis According to Physical Laws (a Review) / M. S. Kuprin, I. A. Osipov, A. V. Klyuchikov, N. E. Samokhin // Mechatronics, Automation, Control. – 2023. – Vol. 24, No. 3. – P. 152-157. – DOI 10.17587/mau.24.152-157.

7. Unity - Manual: Introduction to joints // Unity User Manual 2021.3 (LTS) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.unity3d.com/Manual/Joints.html> (Дата обращения: 06.09.2022).

8. Unity - Manual: Rigidbody // Unity User Manual 2021.3 (LTS). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.unity3d.com/Manual/class-Rigidbody.html> (Дата обращения: 06.09.2022).

9. Unity - Manual: Introduction to collision // Unity User Manual 2021.3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.unity3d.com/Manual/CollidersOverview.html> (Дата обращения: 06.09.2022).

10. Unity- Manual: World building // Unity User Manual 2021.3 (LTS) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.unity3d.com/Manual/CreatingEnvironments.html> (Дата обращения: 07.09.2022).

11. Unity- Manual: Creating and editing Terrains // Unity User Manual 2021.3 (LTS) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.unity3d.com/Manual/terrain-UsingTerrains.html> (Дата обращения: 07.09.2022).

12. Unity- Manual Input System: Input System | Introduction // Unity User Manual 2021.3 (LTS) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.inputsystem@1.5/manual/index.html> (Дата обращения: 07.09.2022).

## ЦИФРОВИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА В РОССИИ

*А.А. Мироненко, С.Р. Газизова, Р.Р. Басыров*

Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета, Набережные Челны, Республика Татарстан

**Аннотация:** в статье рассмотрены направления цифровых технологий, применение беспилотных летательных аппаратов и искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Описано значение информационных технологий.

**Ключевые слова:** цифровизация, цифровые технологии, беспилотные летательные аппараты, искусственный интеллект, роботы.

## DIGITALIZATION OF AGRICULTURE IN RUSSIA

*A.A. Mironenko, S.R. Gazizova, R.R. Basyrov*

Naberezhnochelninsky Institute (Branch) Kazan (Volga Region)  
Federal University, Naberezhnye Chelny, Tatarstan

**Abstract:** в статье рассмотрены направления цифровых технологий, применение беспилотных летательных аппаратов и искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Описано значение информационных технологий.

**Keywords:** цифровизация, цифровые технологии, беспилотные летательные аппараты, искусственный интеллект, роботы.

Цифровизация – основной вектор развития сельского хозяйства. Современная аграрная революция подразумевает внедрение передовых информационных технологий (ИТ), которые сократят объем ручного труда и расходы, при этом повысят производительность и урожайность.

Цифровые технологии позволяют контролировать полный цикл растениеводства или животноводства – «умные» устройства измеряют и передают параметры почвы, растений, микроклимата и т.д. Все эти данные с

датчиков, дронов и другой техники анализируются специальными программами. Мобильные приложения приходят на помощь фермерам и агрономам, чтобы определить благоприятное время для посадки или сбора урожая, рассчитать схему удобрений, спрогнозировать урожай и многое другое. Цифровые технологии должны помочь увеличить производительность сельхозпредприятий вдвое к 2024 году.

Цифровые технологии для растениеводства развиваются сразу в нескольких направлениях. Наиболее востребованными цифровыми технологиями на сегодняшний день являются:

- Мониторинг состояния сельскохозяйственных культур, определение индекса растительной массы (NDVI). Используются изображения, полученные с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и спутников.

- Предварительная оценка урожая. Фермер выходит на свое поле с планшетом и собирает основные данные об урожае. При помощи компьютерных программ осуществляется анализ и формируется объективное представление о состоянии выращиваемой культуры.

- Мониторинг и прогнозирование урожайности. Сбор данных со спутниковых снимков, с датчиков. Оценка состояния урожая зерна, уровня влажности и других показателей.

- Выявление болезней, обнаружение вредителей или сорняков.

- Постоянный мониторинг почвы – текстура, насыщенность органическими элементами и степень питательности почвы.

Для сбора больших данных в сельском хозяйстве существуют специальные устройства: датчики для определения влаги и состояния почвы; прогностические метеостанции для предсказания погоды; приборы, прикрепляемые к технике автопарка для отслеживания маршрута, показателей работы, расхода топлива и семян; дроны для составления карты поля и оценки состояния урожая и др. Программы собирают полученные данные, обрабатывают и анализируют их, чтобы потом предоставить потребителю полезную информацию в доступном формате.

Применение БПЛА с мультиспектральными и гиперспектральными камерами для удаленного мониторинга состояния полей, плодородия почвы, экологической ситуации, роста сельскохозяйственных культур, определения вегетационного индекса, ранней диагностики заболеваний растений позволяет осуществить быстрый переход к цифровой трансформации земледелия.

БПЛА позволяют товаропроизводителям получать более точные данные о состоянии посевов, почвы и т.д. По снимкам с БПЛА или спутников можно рассчитать индекс NDVI (нормализованный вегетационный индекс). Он показывает, в каком состоянии находятся растения на разных участках поля, и на его основе разрабатывают карты дифференциальной обработки полей. Инновационные технологии учитывают состояние почвы и создают наиболее оптимальные модели обработки полей. Подобные технологии применяются при посевах, обработке и сборе урожая.

БПЛА позволяют получать информацию о полученных всходах, сроках созревания и предварительной урожайности культур.

Технологично оснащенные беспилотники в сельском хозяйстве способны выполнять разнообразные операции:

Аэрофотосъемка – необходимая для выявления проплешин, гибели урожая после воздействия природных факторов и других дефектов, нуждающихся в своевременном устранении.

Видеосъемка – производительность летательного аппарата при видеосъемке достигает 30 км<sup>2</sup> за 1 час, что существенно снижает временные и финансовые затраты по сравнению с использованием наземных видов обследования или пилотируемой авиации.

3D моделирование – позволяет определять переувлажненные или засушливые территории, выемку грунта, грамотно создавать планы и карты увлажнения или осушения почвы.

Тепловизионная съемка – осуществляется с применением всего спектра инфракрасного излучения: ближнего, среднего и дальнего диапазона.

Лазерное сканирование – применяется для анализа местности на труднодоступных или недоступных территориях.

Опрыскивание – благодаря возможности дооснащения, дроны используются для точечного опрыскивания растений и плодовых деревьев.

С помощью анализа показаний сенсорных датчиков искусственный интеллект предупреждает о заморозках и влагообеспеченности почвы, отражает климатические данные, фиксирует условия роста вегетативной массы. Цифровые технологии помогают выявить заражение сельскохозяйственных культур и предпринять необходимые действия для обработки полей.

Технологии искусственного интеллекта помогают в прогнозировании урожая. Для качественного прогноза нужны хорошие исторические данные, на основе которых можно построить карту урожайности (с учетом рельефа поля, географии и других характеристик), чтобы опираться на них при планировании посева.

Искусственный интеллект приходит на помощь при выявлении проблемных мест в растениеводстве: большие площади сложно и дорого объезжать, а информация со спутниковых снимков и беспилотников позволяет своевременно обнаружить проблему, оперативно среагировать и принять меры, чтобы минимизировать ущерб.

Искусственный интеллект позволяет обнаружить заболевание на ранней стадии или распознать вредителей, пока они не распространились по полю, сохранить урожай и даже спрогнозировать появление болезней и вредителей на поле.

Автоматизированные роботизированные системы приносят в сельское хозяйство экономию средств и времени, они позволяют исключить рутинную и тяжелую ручную работу. Роботы могут полностью автономно выполнять посев, сбор урожая или прополку.

В животноводстве роботы используются для автоматизированной стрижки овец, доения и кормления коров, для уборки коровников и конюшен.

К 2024 году к Интернету будут подключены более двух миллионов ферм и 36 миллионов голов крупного рогатого скота.

Перспективными отраслями, где внедрение роботов имеет большой потенциал развития, являются сегмент глубокой переработки мяса, молочное скотоводство и производство молочных продуктов.

В молочном секторе многие фермы используют высокоавтоматизированные линии для доения, которые контролируют состояние животных, уровень надоев, качество молока от каждой конкретной коровы.

Сельскохозяйственный робот Solix Sprayer автономно ищет и уничтожает сорняки. Бортовая система искусственного интеллекта определяет, является ли растение сорняком, и избирательно наносит гербицид. Один робот способен обрабатывать до 40,5 га сельскохозяйственных угодий в день. Благодаря системе освещения и аккумулятору, заряжаемому от солнечных батарей, робот может работать 24 часа в сутки.

Робот-пастух SwagBot ловко передвигается по неровной местности, преодолевая ямы, бревна, кочки и другие препятствия. Его используют на животноводческих фермах для выпаса и контроля стада.

Механический робот – горный козел приспособлен для передвижения по пересеченной местности. Он может перевозить грузы до 100 килограммов или людей верхом. Роботом можно управлять с помощью руля, сидя верхом, или дистанционно с помощью пульта управления. В робота встроен гироскоп и другие датчики, которые на бездорожье позволяют ему сканировать местность и шагать правильно.

Цифровизация в аграрной сфере позволяет снизить риски, адаптироваться к изменению климата, повысить урожайность сельскохозяйственных культур. Главные задачи цифровизации: снижение затрат на производство продукции, повышение ее качества и конкурентоспособности на основе эффективного использования ресурсов и научно обоснованных подходов.



Обеспечение агропроизводителей необходимой информацией позволит снизить издержки на куплю и продажу, упростить цепочку поставок продукции от поля до потребителя, сократить дефицит квалифицированной рабочей силы. Хозяйствам необходимо производить больше продуктов питания с минимальной затратой ресурсов, поэтому нужен существенный прорыв в технологиях производства сельскохозяйственной продукции.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цифровые технологии в агрономии [Электронный ресурс]. – URL: <https://school-science.ru/18/4/53199> (дата обращения: 03.05.2023).

2. Цифровая трансформация в сельском хозяйстве [Электронный ресурс]. – URL: <https://cdto.work/2023/03/15/cifrovaja-transformacija-v-selskom-hozhajstve/> (дата обращения: 04.05.2023).

3. Поле возможностей: цифровые решения для сельского хозяйства [Электронный ресурс]. – URL: <https://rostec.ru/news/pole-vozmozhnostey-tsifrovye-resheniya-dlya-selskogo-khozyaystva/> (дата обращения: 05.05.2023).

4. Трансформация сельского хозяйства: цифровые возможности развития [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.secuteck.ru/articles/transformaciya-selskogo-hozyajstva-cifrovye-vozmozhnosti-razvitiya> (дата обращения: 05.05.2023).

## ОСОБЕННОСТИ ЦИФРОВИЗАЦИИ ДАТЧИКОВ КОНТРОЛЯ ПОТОКА ЗЕРНА

*А.В. Розанов, С.А. Богатырев, К.П. Колотырин*

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

**Аннотация:** с целью разработки высокоточных и быстродействующих цифровых датчиков контроля потока зерна необходимо сформулировать теоретическую основу для расчета электрических полей в диэлектриках биологического происхождения в устройствах учета намолота зерна. Через использование таких датчиков можно снизить риски, связанные с возможными аварийными ситуациями. Возможность применения мониторинга при контроле сырьевых объектов позволит оперативно отреагировать на возникающие неблагоприятные события. Эффективность достигается за счет повышения оперативности и точности идентификации характеристик, полученных на основе адекватных и доступных для практической реализации математических моделей, которые могут быть реализованы непосредственно в самих датчиках.

**Ключевые слова:** датчик, поток зерна, цифровизация, моделирование.

## FEATURES OF DIGITALIZATION OF GRAIN FLOW MONITORING SENSORS

*A.V. Rozanov, S.A. Bogatyrev, K.P. Kolotyirin*

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

**Abstract:** in order to develop high-precision and high-speed digital sensors for monitoring grain flow, it is necessary to formulate a theoretical basis for calculating electric fields in dielectrics of biological origin in grain threshing devices. Through the

use of such sensors, it is possible to reduce the risks associated with possible emergency situations. The possibility of using monitoring in the control of raw materials facilities will allow you to quickly respond to emerging adverse events. Efficiency is achieved by increasing the efficiency and accuracy of identifying characteristics obtained on the basis of adequate and practical mathematical models that can be implemented directly in the sensors themselves.

**Keywords:** sensor, grain flow, digitalization, modeling.

В современных технологиях сельскохозяйственного производства широко применяются различные датчики для контроля сырьевых компонентов, например, при учете намолота зерна в бункере комбайна [3]. Причем в условиях цифровизации при использовании датчиков сельскохозяйственного назначения возникла необходимость в моделировании процессов контроля параметров зерна в процессе уборки с максимальным приближением к реальным условиям [2, 6].

В современной промышленности датчики контроля сырьевых объектов играют важную роль. Они позволяют управлять процессом производства и обеспечивать качество конечной продукции. Техничко-экономическое обоснование производства датчиков контроля сырьевых объектов имеет большое значение для определения оптимального размера и структуры производства, а также оценки эффективности проекта. Проведенный анализ рынка показал, что спрос на датчики контроля сырьевых объектов растет [6–9]. Это обусловлено развитием промышленности и увеличением количества производимых товаров. Существующие на рынке производители датчиков контроля сырьевых объектов могут удовлетворить только часть спроса. Поэтому создание нового производства датчиков контроля сырьевых объектов является достаточно эффективным, с экономической точки зрения [10, 12, 15].

В данной статье проведено техническое обоснование применения электростатической теоремы Гаусса для цифровой идентификации растительных объектов, например, при выявлении фрагментов неорганического происхождения в зерновом потоке по их физическим параметрам – диэлектрической про-

нищаемости, ёмкости, заряду, потенциалу и других в заданном электрическом поле емкостного датчика, а также дано экономическое обоснование его промышленного производства [17–18].

Метод моделирования предполагает допущение, что зерна таких сельскохозяйственных культур, как пшеница, ячмень, нут, горох и фасоль могут иметь сферическую или эллипсоидную форму (рис. 1).

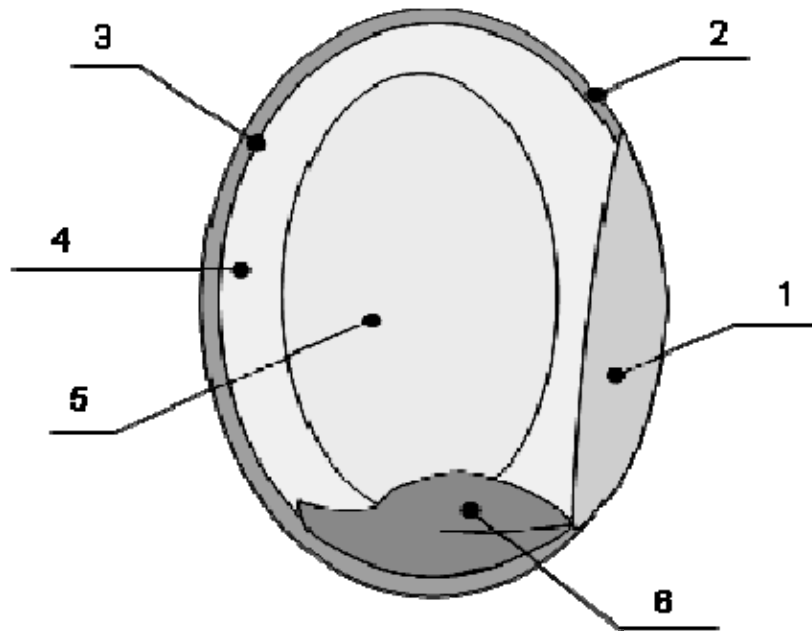


Рисунок 1. Зерно пшеницы: 1 – цветочная пленка, 2 – плодовая оболочка, 3 – семенная оболочка, 4 – алейроновый слой, 5 – эндосперм, 6 – зародыш

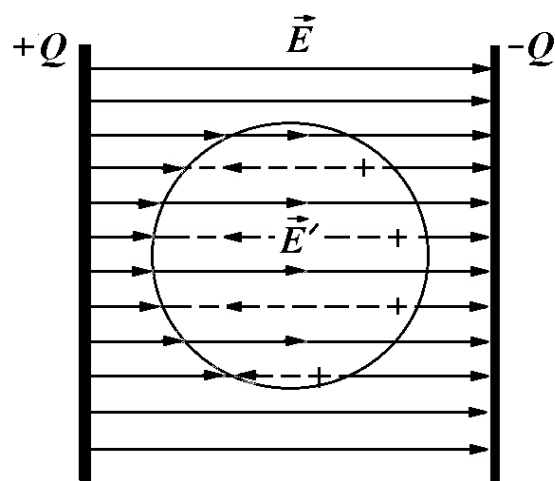


Рисунок 2. Воздействие электрического поля на диэлектрический объект нерастительного происхождения

Ранее установлено, что при размещении диэлектрического объекта в электрическом поле возникает дополнительное противоположное внешнему электрополе (рис. 2), по которому можно определить принадлежность контролируемого объекта к сырьевому компоненту, либо к загрязнению [4, 11, 19].

В дальнейшем сформулирована теоретическая основа применения теоремы Гаусса для расчета электрических полей в диэлектриках с целью повышения оперативности и точности идентификации физически наблюдаемых характеристик и показано как полученные результаты могут быть применены для построения цифровых датчиков нового поколения [14, 16, 20].

Рассмотрим сферический диэлектрический объект радиуса  $R$  равномерно заряженный по поверхности с поверхностной плотностью заряда  $\sigma$ . Необходимо найти напряженность электрического поля в центре сферы. Для простоты рассмотрим только одну половину сферы (рис. 3).

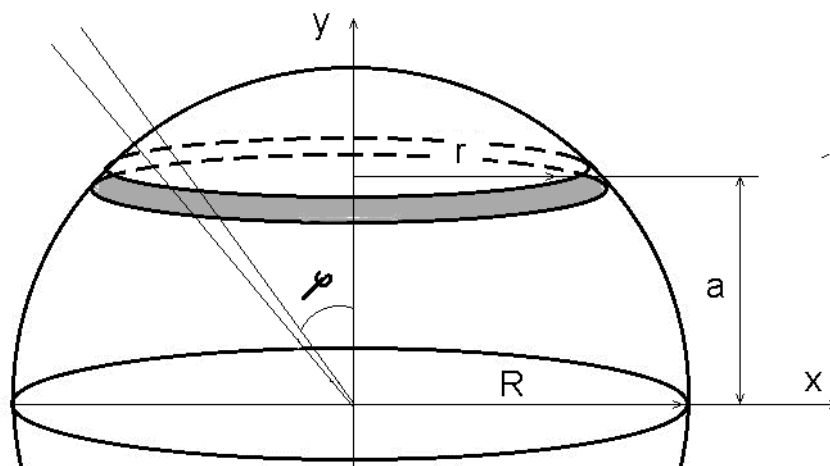


Рисунок 3. Модель для расчета напряженности электрического поля

Разобьём полусферу на тонкие кольца так, чтобы заряд каждого кольца можно было рассматривать как точечный  $dQ$ ,

$$dQ = \sigma \cdot dS = 2\pi \cdot r \cdot \sigma \cdot R d\varphi . \quad (1)$$

Вектор элементарной напряженности электрического поля  $d\vec{E}_i$  в центре сферы созданный кольцом, несущим точечный заряд,  $dQ$  представим в виде

векторной суммы двух взаимно перпендикулярных составляющих вектора  $d\vec{E}_i$  (рис. 4):

$$d\vec{E}_i = d\vec{E}x_i + d\vec{E}y_i, \quad (2)$$

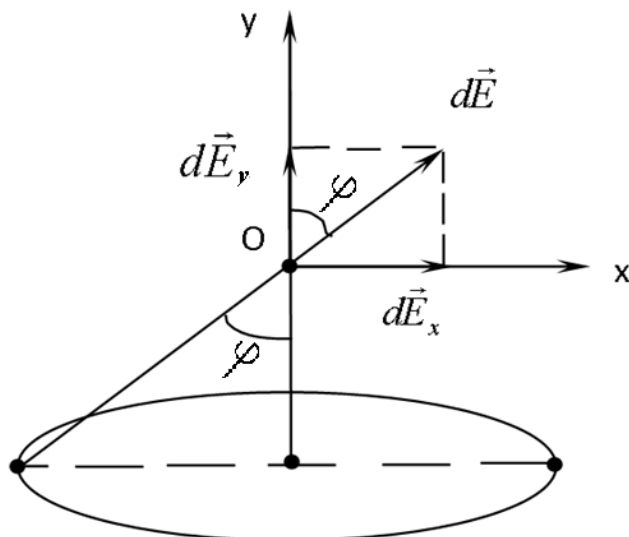


Рисунок 4. Определение компонентов вектора электрического поля

Из рисунка 3 следует:

$$r = R \cdot \sin \varphi, \quad (3)$$

$$a = R \cdot \cos \varphi. \quad (4)$$

Вектор  $d\vec{E}_i$  составляет с вертикальной осью угол  $\varphi$  (рис. 4), тогда:

$$d\vec{E}y_i = d\vec{E} \cdot \cos \varphi. \quad (5)$$

Из соотношения (4) следует, что:

$$\cos \varphi = \frac{a}{R}. \quad (6)$$

В силу симметрии расположения кольца относительно оси  $y$ , суммарное значение  $d\vec{E}x_i = 0$ . Следовательно, суммарный элементарный вектор напряженности электрического поля, созданный отдельным заряженным кольцом, равен:

$$d\vec{E} = d\vec{E}y_i. \quad (7)$$

По теореме Гаусса [4] модуль элементарного вектора напряженности поля, созданного точечным зарядом  $dQ$ , равен:

$$dE = \frac{kdQ}{R^2} \cdot \cos\varphi = \frac{dQ}{4\pi R^3 \varepsilon_0}. \quad (8)$$

Подставим в соотношение (8) выражения (3) и (4), и получим выражение для определения модуля напряженности электрического поля  $dE$ :

$$dE = \frac{\sigma}{2 \cdot \varepsilon_0} \sin\varphi \cdot \cos\varphi \cdot d\varphi. \quad (9)$$

Чтобы определить напряженность электрического поля в центре сферы необходимо проинтегрировать соотношение (9) по всей полусфере.

Тогда, учитывая, что  $\varphi$  изменяется от 0 до  $\pi/2$ , а  $\theta$  от 0 до  $2\pi$ , получим:

$$E = \oint_S \frac{\sigma \cos\theta}{4\pi\varepsilon_0 R^2} dS = \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} \frac{\sigma \cos\theta}{4\pi\varepsilon_0 R^2} R^2 \sin\theta \cdot d\theta \cdot d\varphi. \quad (10)$$

На основе связи между зарядом  $dQ$  и потенциалом  $\psi$ , найдем значение потенциала  $\psi$ :

$$d\psi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{dQ}{R} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{\sigma dS}{R}. \quad (11)$$

Интегрируя соотношение (11) по всей полусфере, определяем величину потенциала в центре сферы:

$$\psi = \oint_S \frac{\sigma}{4\pi\varepsilon_0 R} dS = \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} \frac{\sigma}{4\pi\varepsilon_0 R} R^2 \sin\theta \cdot d\theta \cdot d\varphi. \quad (12)$$

Определив напряженность электрического поля (10) и потенциал в центре моделируемого объекта (12), несложно вычислить такую характеристику исследуемого объекта, как его ёмкость, и другие характеристики, связанные со структурой. Потенциал (12) определяет ёмкость:

$$C = \frac{Q}{\varphi(R)} = \frac{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 R_1}{1 + \frac{R_1(\varepsilon - 1)}{R_2}}, \quad (13)$$

где  $R_1$  и  $R_2$  – радиусы плотной оболочки зерна;

$\varepsilon$  – её диэлектрическая проницаемость, а также другие характеристики исследуемого растительного объекта, связанные с его структурой, важные при практической реализации датчика.

Зафиксировать и оцифровать величины этих полей и потенциалов не сложно с применением современных быстродействующих радиочастотных методов, например, путем включения ёмкости (13) во времязадающую цепочку автоколебательной системы.

Приведенные расчеты позволяют рассчитать площадь любой замкнутой поверхности, что облегчает создание и наладку датчиков идентификации объектов растительного происхождения [13, 15, 21].

Применение режима управления потоком семян с помощью идентифицирующей частицы растительного происхождения цифрового датчика способствует снижению потерь зерна при уборке урожая, увеличению выхода органических объектов – семян в сравнении с режимом без использования цифрового датчика. Экономическая выгода от регулирования потоком зерна при очистке 1 т семян определяется по формуле:

$$\mathcal{E} = \frac{C_{np} \cdot \Delta m}{100}, \quad (14)$$

где  $\mathcal{E}$  – экономическая выгода от использования цифрового датчика при замере потерь зерна, руб./т;

$C$  – цена 1 тонны продукции, руб. Для семян пшеницы рыночная цена составляет 16000 руб. за 1 тонну.

$\Delta m$  – разница потерь семян в отходы в режиме контроля между существующим и предлагаемым датчиком, %. Опытным путем определен, равным 0,14 %.

После подстановки получим:  $\mathcal{E}=22,4$  руб./т.

Применение теоремы Гаусса к расчёту основных параметров поля в диэлектрической среде: напряженности, электрического смещения, потенциала и других, физически наблюдаемых, характеристик растительных объектов, связанных с их структурой, позволяет значительно повысить быстродействие и расширить границы применимости нового поколения датчиков сельскохозяйственного назначения, востребованных в условиях цифровизации АПК и инновационной агроэкономики. Экономическая выгода от использования цифрового



датчика при очистке зерна от примесей равна 22,4 руб./т, что свидетельствует о целесообразности промышленного производства цифровых датчиков замера потока зерна, основанных на принципе моделирования растительных объектов, и оснащении ими бункеров серийных зерноуборочных комбайнов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барков Ю.А. Сборник задач по общей физике / Ю.А. Барков, О.М. Зверев, А.В. Перминов. – Пермь, 2011. – 457 с.
2. Беркутова Н.С., Швецова И.А. Технологические свойства пшеницы и качество продуктов переработки. – М., Колос, 2014. – 243 с.
3. Воротников И.Л., Розанов А.В., Богатырев С.А., Гутуев М.Ш. Результаты моделирования влияния параметров полосовой обработки почвы на урожайность пропашных культур. Научная жизнь. Т. 16. № 3 (115), 2021. – С. 350–358.
4. Ким Д.И. Физика. Электричество и магнетизм / Д.И. Ким, Н.П. Коновалов, Д.И. Левит, П.Н. Коновалов. – М.: Лань, 2019. – 408 с.
5. Кириченко Н.А. Электричество и магнетизм / Н.А. Кириченко. М.: МФТИ, 2011. – 420 с.
6. Николаева Е.П. Техничко-экономическое обоснование производства датчиков контроля сырьевых объектов. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. – 168 с.
7. Абрамс Р. Бизнес-план на 100%. Стратегия и тактика эффективного бизнеса / Р. Абрамс. – М.: Альпина Паблишер, 2019. – 486 с.
8. Воловиков Б.П. Стратегическое бизнес-планирование на промышленном предприятии с применением динамических моделей и сценарного анализа: Монография / Б.П. Воловиков. – М.: Инфра-М, 2017. – 320 с.
9. Чараева М.В. Инвестиционное бизнес-планирование: Уч. пособие / М.В. Чараева, Г.М. Лапицкая, Н.В. Крашениникова. – М.: Альфа-М, 2017. – 192 с.
10. Van Raaij, E. M., Vernooij, M. J. A., & van Trist, S. The implementation of customer profitability analysis: A case study. *Industrial Marketing Management*, 2003, 32 (7). 573–583.

11. Перевошиков, Ю.С. Управление проектами в машиностроении: Учебное пособие / Ю.С. Перевошиков. – М.: Инфра-М, 2018. – 272 с.
12. Алексейчева Е.Ю., Магомедов М.Д., Костин И.Б. Экономика организации (предприятия). Учебник. – М.: Дашков и Ко. 2020. – 290 с.
13. Грибов В.Д., Грузинов В.П. Экономика предприятия. Учебник. – М.: Инфра-М, КУРС. 2017. 448 с.
14. Simons R. Performance measurement and control systems for implementing strategy. New Jersey: Pearson Education Int. 2002.
15. Самарина В.П., Черезов Г.В., Карпов Э.А. Экономика организации. Учебное пособие. – М.: КноРус. 2020. 320 с.
16. Curtis, D.J., Process Control Instrumentation Technology, 7th ed., Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 2003.
17. McWilliams, A. and Siegel, D. Corporate social responsibility: A theory of the firm perspective. *Academy of Management Review*. 2001, 26(1), pp. 117–127.
18. Kulmala H., Paranko J., Uusi-Rauva E. The role of cost management in network relationships. *International Journal of Production Economics*, 2002, 79 (1), pp. 33–43.
19. Розанов А.В., Потемкина С.Н. Математическое моделирование объектов для их цифровой идентификации. IV Международная научно-практическая конференция «Экономико-математические методы анализа деятельности предприятий АПК». Саратов: ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ», 2019. – С. 294–299.
20. ГОСТ 34393-2018 Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. – М.: Стандартинформ, 2018. – 15 с.
21. Экономическое обоснование инженерных проектов в инновационной экономике; Инфра-М. – 2012. – 144 с.

УДК 631.1

## **ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ВИДЕОАНАЛИТИКИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТНИКОВ РЕМОНТНЫХ МАСТЕРСКИХ АПК**

*Т.В. Севастюк, В.М. Раубо, А.Н. Гурина, Е.А. Процко, Е.С. Андрухович*

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

**Аннотация:** применение систем видеонаблюдения с программным обеспечением видеоаналитики в ремонтных мастерских АПК как инструмент дополнительного обеспечения безопасности работников.

**Ключевые слова:** ремонтные мастерские, видеонаблюдение, охрана труда, видеоаналитика, безопасность.

## **APPLICATION OF VIDEO ANALYTICS SYSTEMS TO ENSURE THE SAFETY OF WORKERS OF AGRICULTURAL REPAIR SHOPS**

*T.V. Sevastyuk, V.M. Raubo, A.N. Gurina, E.A. Protsko, E.S. Andrukovich*

Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Belarus

**Abstract:** the use of video surveillance systems with video analytics software in agricultural repair shops as an additional tool to ensure the safety of workers.

**Keywords:** repair shops, video surveillance, labor protection, video analytics, security.

Несчастные случаи на производстве и профессиональные заболевания не предопределены судьбой и не являются неизбежными: у них всегда есть причины.

Одним из важнейших направлений в данной работе является профилактика несчастных случаев при ремонте различных видов сельскохозяйственной техники.

Строгое соблюдение правил охраны труда в период ремонта сельскохозяйственной техники в ремонтных мастерских АПК - важная составляющая комплекса сельскохозяйственных мероприятий. К сожалению, несмотря на постоянное напоминание о том, что необходимо строго соблюдать требования безопасности во время проведения любых сельскохозяйственных работ, имеют место несчастные случаи на производстве, в том числе и с тяжелыми последствиями. Многие нарушения требований по охране труда являются следствием неэффективного контроля и не выполнением руководителями и специалистами обязанностей по охране труда сельскохозяйственных предприятий [1].

Безопасные и здоровые условия труда не только являются морально-юридическим обязательством, но и оправдывают себя экономически. Инвестиции в охрану труда позволяют избежать человеческих страданий и защитить самое ценное, что у нас есть, – наше здоровье, физическое и психологическое благополучие. Не менее важно и то, что они благотворно влияют на мотивацию работников, качество труда и продукции, репутацию компании, степень удовлетворённости работников, менеджеров и клиентов и, как следствие, экономические показатели. Международные исследования доходности инвестиций в профилактику доказали, что каждый доллар, вложенный в охрану труда, генерирует потенциальную прибыль в размере свыше двух долларов. Безопасные условия труда – это вклад в процветание предприятия [2].

В современном мире системы видеонаблюдения становятся одним из наиболее эффективных средств контроля для обеспечения безопасности персонала и производственных объектов [3]. В соответствии с Указом Президента республики Беларусь [4] ремонтные мастерские АПК оборудуются системами видеонаблюдения. С помощью установленных систем видеонаблюдения могут решаться следующие задачи:

- обеспечение безопасности персонала и имущества;
- контроль периметра и учет перемещений на территории ремонтной мастерской;

- оптимизация рабочего процесса;
- автоматизация пропуска транспортных средств;
- предотвращение хищений;
- оперативное реагирование на внештатные ситуации.

Однако, использование систем обученных нейросетью встроенных в видеонаблюдение дает возможность в реальном времени из многочисленных камер представлять информацию о нарушениях требований. Внедрение видеоаналитики позволит сократить время, требуемое для проведения проверок за соблюдением требований по охране труда и повысить безопасность работников.

Основные модули системы видеонаблюдения с внедрением программы:

- отслеживать местоположения персонала и контролировать доступ в опасные зоны;
- распознавание лиц;
- выявление фактов отсутствия средств индивидуальной защиты;
- мониторинг производственных площадей и инфраструктуры
- расследование инцидентов.

Модуль трекинга применяется для отслеживания перемещения или контроля периметра ремонтной мастерской. Система может фиксировать следующее:

- пересечение посторонним объектом контрольной линии;
- перемещения по территории;
- нахождение объекта на территории продолжительное время или в течение времени, более заданного;
- контролировать доступ в опасные зоны.

При этом система направляет соответствующие оповещения на персональные компьютеры и смартфоны определенного круга должностных лиц.

Данная функция позволяет предотвращать хищения имущества и обеспечивает безопасность сотрудников мастерской, а также поможет повысить исполнительную и производственную дисциплину.

Модуль распознавания лиц идентифицирует человека, проходящего на работу. Благодаря совместному функционированию с системой контроля удаленного доступа работник, распознанный системой, имеет возможность пройти на территорию мастерской.

Этот модуль также сопряжен с модулем активности персонала, анализирующим, сколько времени сотрудник провел на рабочем месте.

Применение этих модулей позволяет:

- предотвращать проникновение на территорию посторонних лиц;
- сформировать отчеты о распознанных лицах на входе;
- объективно оценивать эффективность работы персонала;
- контролировать соблюдение графика работы сотрудников.

Использование модуля отсутствия средств индивидуальной защиты позволяет свести к минимуму случаи нарушения правил охраны труда сотрудниками, снизить риск получения травм на рабочем месте, обстоятельно проводить расследование несчастных случаев на производстве. Технические возможности модуля позволяют выявлять случаи отсутствия средств индивидуальной защиты у работников и в автоматическом режиме рассылать уведомления о зафиксированных случаях нарушений ответственным лицам. Система позволяет регистрировать все нарушения требований по охране труда. При необходимости можно повторно обратиться к необходимому видефрагменту, который хранится в архиве.

Видеоаналитика может применяться для мониторинга производственных площадей и инфраструктуры. С помощью этого модуля системы можно оперативно предотвратить распространение дыма и пожара на производстве и территории мастерской, прорыва трубопроводов, нарушения целостности ограждений, а также их последствий. При обнаружении инцидента отправляется сообщение, а на монитор выводится место происшествия. Все случаи, выявленные модулем, регистрируются в журнале событий для последующего быстрого поиска в архиве. Данный модуль, может быть интегрирован с модулем охранно-пожарной сигнализации.

Интеллектуальный модуль детектора саботажа позволяет получать информацию о сбоях в работе системы видеонаблюдения и оперативно ее восстанавливать. Модуль распознает следующие события:

- расфокусировка видеокамеры;
- отклонение от заданного положения;
- длительная (умышленная) засветка видеокамеры;
- перекрытие поля наблюдения камеры;
- отключение видеокамеры от источника питания.

В случае обнаружения любого из указанных событий ответственному лицу поступает оповещение для оперативного реагирования и принятия решения [3].

Видеоаналитика и нейронные сети активно входят в нашу жизнь и позволяют автоматизировать процессы контроля и анализа данных по фото/видео в режиме реального времени.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жилинская А.А. Уборочная-2022: травматизм лучше предупредить / А.А. Жилинская / Производственно-практический журнал ОТТБ. – 2022. – №8 – С. 28–30.
2. Борисенко О.И. Внедрение концепции «Нулевого травматизма» VISION ZERO в организации ГПО «БЕЛТОПГАЗ» / О.И. Борисенко / Производственно-практический журнал ОТТБ. – 2022. – № 9 – С. 4–10.
3. Клинчук А.Н. Система видеоаналитики для безопасности персонала / А.Н. Клинчук / Производственно-практический журнал ОТТБ. – 2022. – № 7 – С. 8–9.
4. О вопросах создания и применения системы видеонаблюдения в интересах обеспечения общественного порядка: Указ Президента Республики Беларусь, 28 ноября 2013 г., № 527 : в ред. Указа Президента Респ. Беларусь от 25.02.2022 N 69 // КонсультантПлюс: Беларусь [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр». – Минск, 2023.

# ДИАГНОСТИКА МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА И СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ

УДК: 631.3

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЧНОСТНОГО РАСЧЕТА ОПОРНОЙ ПЛАТФОРМЫ ТРЕНАЖЕРА ТРАКТОРА

*В.В. Васильчиков, А.М. Марадудин*

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

**Аннотация:** в статье рассмотрены особенности расчет несущей рамы кабины тренажера трактора. Для решения поставленной задачи в статье рассмотрено решение поставленной задачи как аналитическими, так и численными методами с применением имитационного моделирования.

**Ключевые слова:** тренажер трактора, симулятор трактор, трактор тренажер, дополненная реальность, техническое обслуживание, сельскохозяйственная техника, расчет на прочность.

## FEATURES OF STRENGTH CALCULATION OF THE BASE PLATFORM OF THE TRACTOR SIMULATOR

*V.V. Vasilchikov, A.M. Maradudin*

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

**Abstract:** the article discusses the features of the development of the frames of the tractor cabin simulator. To solve the problem, the article considers the solution of the problem by both searches and computational methods using simulation modeling.

**Keywords:** tractor simulator, tractor simulator, simulator, augmented reality, maintenance, agricultural machinery, strength calculation.



Эффективная эксплуатация современной высокотехнологичной сельскохозяйственной техники требует соответствующего уровня подготовка трактористов-машинистов.

Для достижения наилучшего образовательного эффекта необходимы современные технические средства обучения, соответствующие тому способу восприятия информации, которым отличается новое поколение обучающихся, с их высокой потребностью в эмоциональном восприятии визуальной информации и зрительной стимуляции [1].

Для решения этой задачи необходимо применение современных высокотехнологичных средства обучения. Сюда можно отнести различные обучающие комплексы виртуальной и дополненной реальности, а также, различные тренажеры.

Современный цифровой симулятор представляет собой высокотехнологичное, современное оборудование для теоретической и практической подготовки операторов специализированных транспортных средств, применяемое в процессе обучения в специализированных учебных заведениях. Данный симулятор дает возможность начинающему механику-водителю почувствовать связь между своими действиями и поведением транспортного средства на виртуальной окружающей среде. Это может быть достигнуто применением на вертельном тренажере современного профессионального программного обеспечения.

Но наличие интерактивной картинке на экране монитора уже не является на данный момент достаточным условием для создания полноценного тренажера сельскохозяйственной техники.

Важным фактором является обратная реакция системы, формирующая живое взаимодействие ученика и системы, постоянный обмен информацией между ними. И здесь важно, чтоб обучающийся чувствовал «обратную связь» при работе с тренажером. И здесь речь идет не только о реакции изображения на экране на действия оператора, пусть он даже переключает реальные рычаги и нажимает на физические кнопки, а не просто клавиши на клавиатуре

компьютера. Важна еще и имитация физического воздействия на оператора, так называемый эффект «погружения» (вибрация кабины при различных нагрузках, наклона самой кабины).

Все эти факторы следует учитывать при проектировании и создании интерактивной модели тренажера сельскохозяйственной техники.

Рассмотрим более подробно данные вопросы на примере тренажера сельскохозяйственного колесного трактора.

Большинство современных тренажеров сельскохозяйственной техники представляют собой персональный компьютер с монитором и подключенной к нему периферией, имитирующей органы управления трактором (руль, рычаги, педали). В ряде случаев имитируются кабина трактора, с установленной в ней креслом и приборной панелью.

Конструкций тренажеров сельскохозяйственной техники, имеющие интерактивную подвижную кабину, довольно мало.

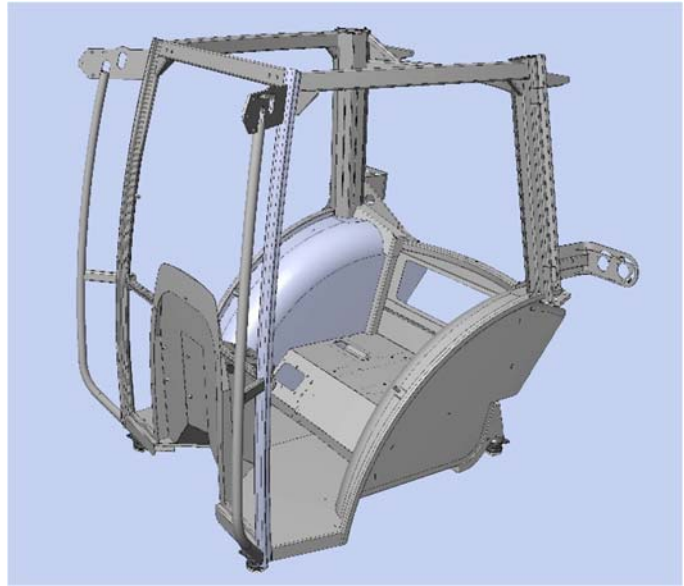
Это объясняется сложность изготовления и высокой стоимостью данного тренажера, но, в ряде случаев, при подготовке квалифицированных операторов сельскохозяйственной техники требуется высокотехнологичное оборудование.

Рассмотрим более подробно особенности проектирования подвижной кабины тренажера трактора (рисунок 1). Данный тренажер предназначен для обучения вождению кандидатов в операторы сельскохозяйственных машин. Процесс обучения обеспечивает максимальное приближение условий обучения к условиям работы водителя реального трактора с навесным оборудованием (плуг) и тележкой. Тренажер помогает выработать базовые физические навыки работы с органами управления сельскохозяйственного трактора: правильная работа рулем, педалями и рычагами управления, уверенное включение нужной передачи, правильное руление, маневрирование с навесным сельскохозяйственным оборудованием, пользование контрольно-измерительными приборами трактора [2, 3].

Основным преимуществом данного тренажера, по сравнению с аналогами является наличие подвижной кабины, имитирующей наклоны кабины при передвижении реального трактора по пересеченной местности [4].



а)



б)

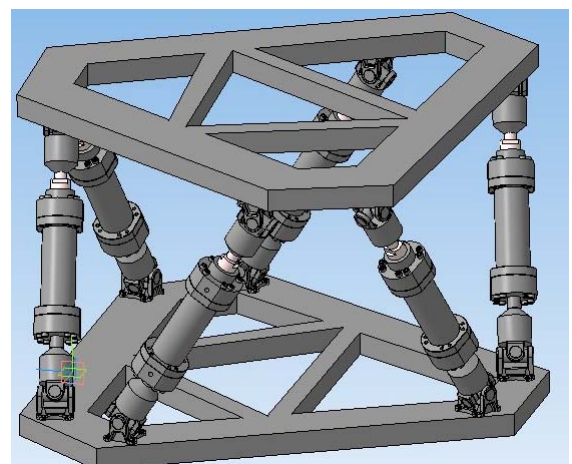
Рисунок 1. Кабина тренажера трактора: а) – общий вид, б) – имитационная модель

При проектировании опорной платформы тренажера для ее перемещения были использованы силовые пневмоцилиндры, как наиболее отвечающие требованиям при создании данного тренажера.

Общий вид опорной платформа и ее имитационная модель для прочностного анализа в программной среде представлены на рисунке 2.



а)



б)

Рисунок 2. Опорная платформа тренажера трактора:

а) – общий вид, б) – имитационная модель

Определим усилия, приходящиеся на каждый силовой цилиндр. Для этого разложим пространственную схему на плоские расчетные схемы (рисунок 3).

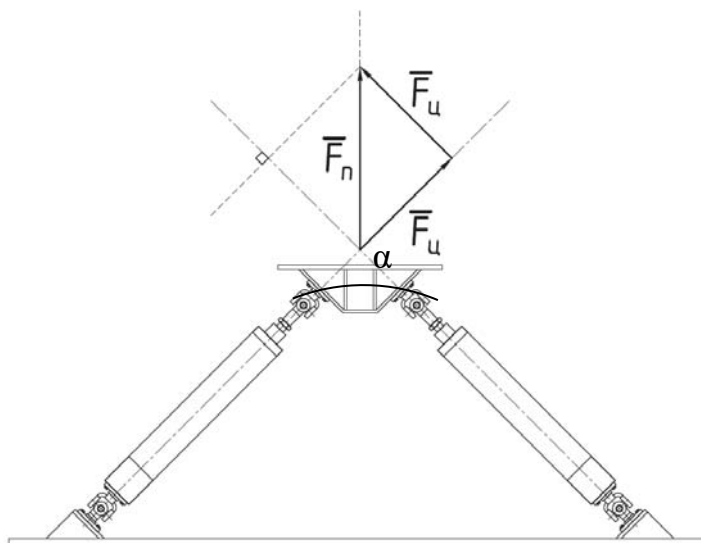


Рисунок 3. Схема распределение сил

По правилу параллелограмма, усилие, приходящееся на два спаренных гидро- (пневмо) цилиндра можно определить из выражения:

$$\bar{F}_n = \sqrt{F_{ц1}^2 + F_{ц2}^2 + 2F_{ц1}F_{ц2}\cos(\alpha)}. \quad (1)$$

Отсюда можно выразить усилия на штоке гидроцилиндров  $F_{ц}$ .

Учитывая, что общий вес кабины тренажера с оборудованием составляет  $1т = 10 \text{ кН}$ , то на один гидроцилиндр будет приходиться допустимая нагрузка  $200 \text{ кг} = 2 \text{ кН}$ .

Т.к., согласно документации на пневмоцилиндр он выдерживает нагрузку до  $600 \text{ кг}$ , то, на наш взгляд, наиболее слабыми элементами в данной конструкции, требующей проверки на прочность, являются элементы карданного узла (рисунок 4).

Проведем проверку фланца на смятие посадочных мест под крестовину методом конечных элементов (МКЭ) [5].

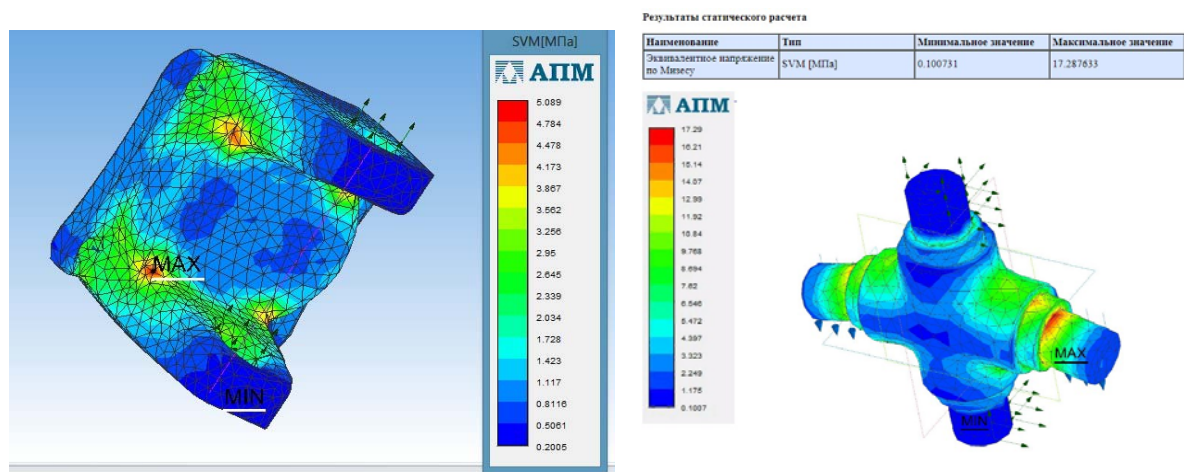


Рисунок 4. Расчет на прочность фланца и крестовины кардана в программной среде

На основании проведенного прочностного анализа элементов конструкции опорной площадки кабины тренажера трактора, можно сделать вывод, что наиболее нагруженные элементы конструкции, а именно «фланец» и «крестовина», полностью удовлетворяет предъявленным к нему требованиям по прочности.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коцарь Ю.А. Анализ учебных тренажеров управления тракторной техникой и МП / Ю.А. Коцарь, Д.А. Рыбалкин, О.В. Кабанов, Р.Д. Гончаров / Аграрный научный журнал № 10, 2020.
2. Учебные тренажеры и симуляторы. Симуляторы строительной, крановой и сельхозтехники. Режим доступа: <https://www.tngsim.ru/shop/61/comm/desk-simuljator-traktor-mtz-selkhoz-variant#>.
3. Учебный тренажер «Электрооборудование трактора МТЗ». Режим доступа: [http://labstand.ru/catalog/laboratornye\\_stendy\\_uchebnyy-trenazher-elektrooborudovanietraktora-mtz](http://labstand.ru/catalog/laboratornye_stendy_uchebnyy-trenazher-elektrooborudovanietraktora-mtz).
4. Тренажера трактора. Режим доступа: [https://www.youtube.com/watch?v=IOA\\_y0bjQn8&t=27s](https://www.youtube.com/watch?v=IOA_y0bjQn8&t=27s).
5. Наседкин А.В. Конечно-элементное моделирование на основе ANSYS. Программы решения статических задач сопротивления материалов с вариантами индивидуальных заданий // Ростов-на-Дону: УПЛ РГУ, 1998. – 44 с.

УДК 629.113.004.67

**СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ  
ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ ШАТУННЫХ ВКЛАДЫШЕЙ  
ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

*А.А. Гафиятуллин*

Завод двигателей ПАО «КАМАЗ», г. Набережные Челны,  
Республика Татарстан

*О.А. Кулаков*

НПО «КАМАЗ-Автоспорт», г. Набережные Челны,  
Республика Татарстан

*Р.Ф. Калимуллин*

Оренбургский государственный университет, Оренбург, Республика Казахстан

**Аннотация:** описаны прототип и разработанные способ и устройство для определения зазора в шатунном подшипнике, пригодные для исследования формоизменения шатунных вкладышей в условиях стендовых испытаний дизельных двигателей КАМАЗ-740.

**Ключевые слова:** коленчатый вал, шатунный подшипник, вкладыши, формоизменение, зазор, прогиб, устройство.

**METHOD AND DEVICE FOR STUDYING THE SHAPE CHANGE  
OF CONNECTING ROD INSERTS OF DIESEL ENGINES**

*A.A. Gafiyatullin*

Engine Factory of PJSC "KAMAZ", Naberezhnye Chelny, Tatarstan

*O.A. Kulakov*

NPO "KAMAZ-Motorsport", Naberezhnye Chelny, Tatarstan

*R.F. Kalimullin*

Orenburg State University, Orenburg, Kazakhstan

**Abstract:** the prototype and the developed method and device for determining the gap in the connecting rod bearing are described, suitable for studying the shape of connecting rod inserts in the conditions of bench tests of KAMAZ-740 diesel engines.

**Keywords:** crankshaft, connecting rod bearing, inserts, shape change, clearance, deflection, device.

Исследованиями установлено [1–3], что частой причиной отказов автомобилей КАМАЗ являются проворачивания шатунных вкладышей подшипников коленчатого вала двигателей и их последствия. Известно, что проворачивание вкладышей является итогом процесса его последовательного формоизменения, который начинается в нормальных условиях уже с первых часов работы двигателя и выражается в образовании прогиба по образующей (рис. 1) и уменьшении фактического зазора в шатунном подшипнике вследствие пластической деформации из-за действия напряжений различной природы. Пластическая деформация является следствием либо конструктивно-технологических недоработок, либо нарушения правил эксплуатации.

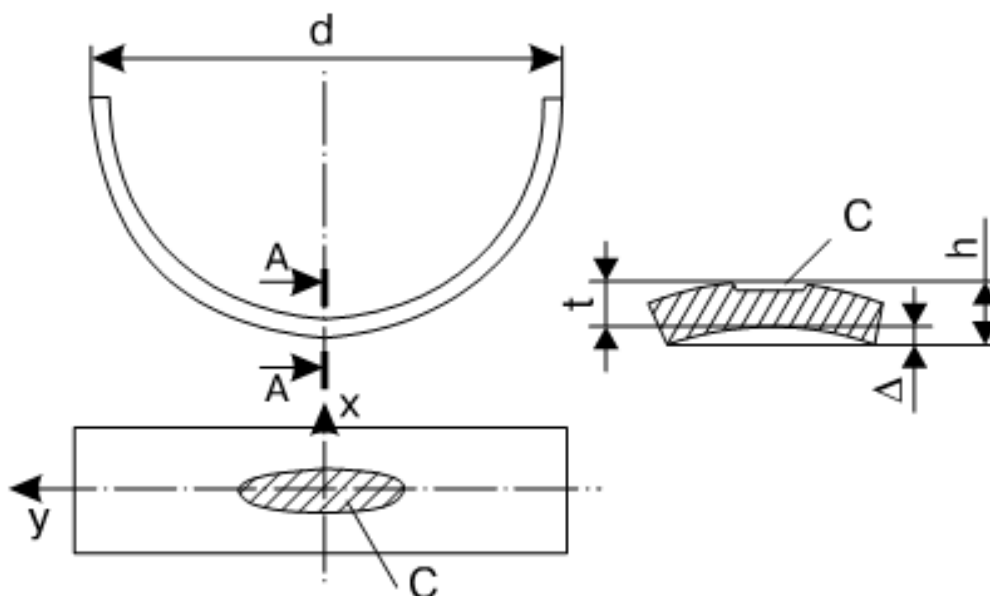


Рисунок 1. Схема деформации и остаточного прогиба шатунного вкладыша двигателей:  $C$  – зона натиров;  $t$  – толщина вкладыша;  $h$  – высота вкладыша;  $d$  – размер в свободном состоянии;  $\Delta$  – прогиб

Возникший на первом этапе первичный прогиб вкладыша снижает фактическую площадь контакта его с нижней головкой шатуна, что ухудшает теплоотдачу и вызывает местный перегрев, приводящий к росту напряжений и деформации на втором этапе. В работе [4] приведены зависимости прогиба шатунного вкладыша двигателя КАМАЗ-740 от наработки и интенсивности деформации от прогиба (рис. 2).

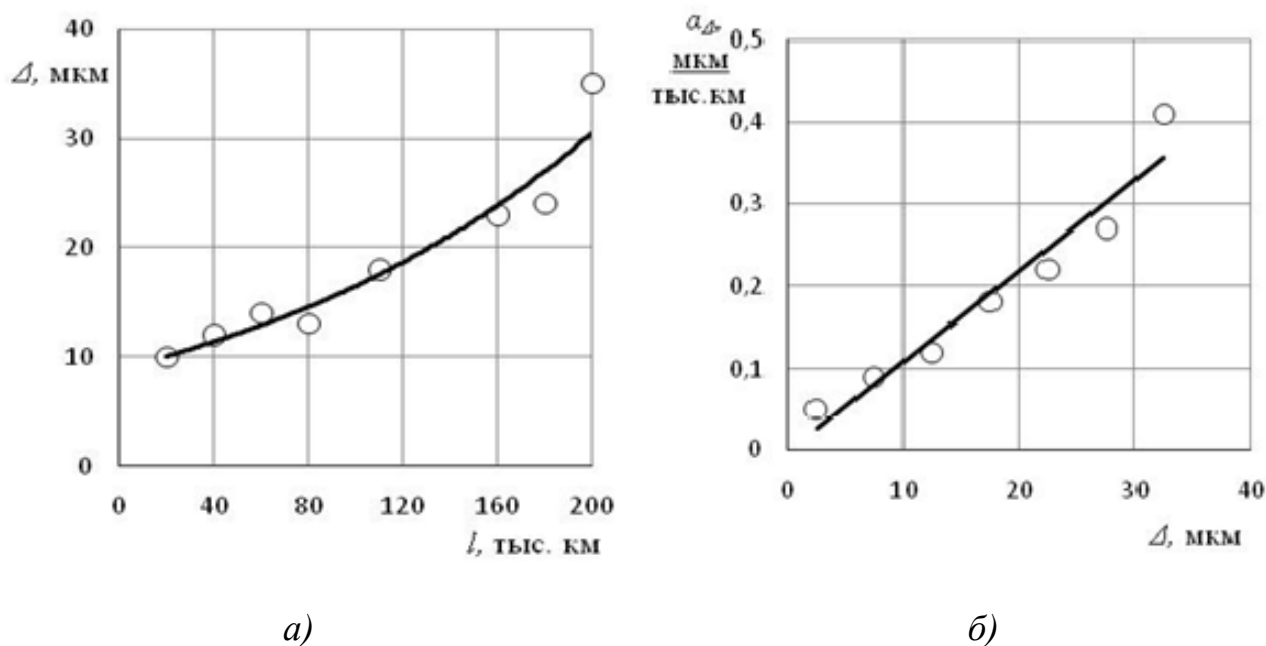


Рисунок 2. Зависимости прогиба  $\Delta$  шатунных вкладышей от наработки  $l$  двигателей (а) и интенсивности прогиба  $\alpha_{\Delta}$  от величины прогиба  $\Delta$  вкладышей (б)

Таким образом, такой диагностический параметр, как «зазор в шатунном подшипнике», является результатом действия двух разнонаправленных процессов – его увеличения при изнашивании и уменьшения при деформации в виде прогиба. При этом отказы двигателей КАМАЗ вызываются именно уменьшением зазора из-за образования прогиба вкладыша, которые, также как и износы, надо уметь диагностировать.

Анализ известных способов оценки технического состояния подшипников коленчатого вала показывает необходимость определения более глубоких связей структурного параметра с диагностическим, и учитывать не только изнашивание, но и пластическую деформацию вкладышей.

Для решения поставленной задачи разработаны способ и устройство для определения зазора в шатунном подшипнике коленчатого вала двигателя. В



основу разработки положен прототип – пневматическое устройство дифференциального типа, применяемое в приборах активного контроля при хонинговании гильз цилиндров [5, 6].

В измерительной схеме устройства-прототипа (рис. 3, а) применяется подготовленный сжатый воздух, и производится сравнение двух давлений  $p_1$  и  $p_2$ . В качестве измерителя давлений применяются сильфонные, мембранные дифференциальные манометры, реагирующие на разность давлений  $\Delta p = p_1 - p_2$  в двух ветвях системы. На схеме дифференциального сильфонного прибора (рис. 3, б) сжатый воздух из пневмосети, пройдя через блок фильтра и стабилизатора, под постоянным давлением истекает через входные сопла 3 и 8 в полости сильфонов (металлические гофрированные пружины). Из левого сильфона воздух через кольцевой зазор  $S$ , образованный торцом измерительного сопла 6 и поверхностью контролируемой детали, истекает в атмосферу. В этом сильфоне создается измерительное давление  $p_1$ , величина которого зависит от размера контролируемой детали. Из правого сильфона воздух истекает в атмосферу через узел противодействия 5, а в полости сильфона создается постоянное давление  $p_2$ . Свободные концы сильфонов жестко связаны стяжкой 2, подвешенной на плоских пружинах 4 и 7. Положение подвижной системы прибора определяется разностью измерительного давления  $p_1$  и некоторого постоянного противодействия  $p_2$ .

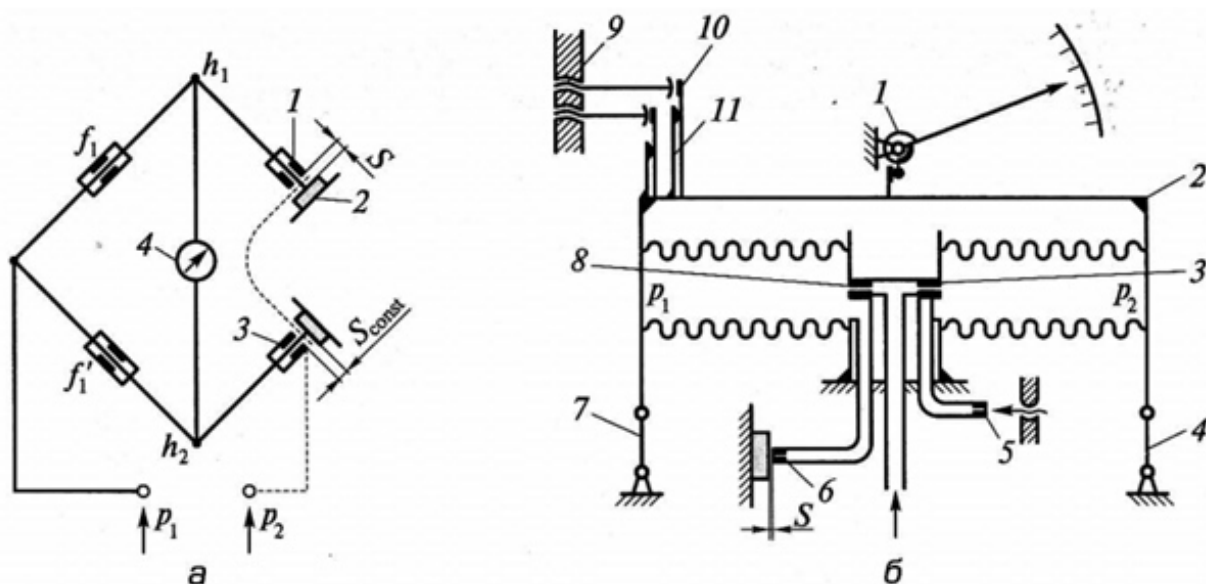


Рисунок 3. Дифференциальный пневматический прибор: а – измерительная схема; б – схема дифференциального сильфонного прибора [5]: 1 – сопло-заслонка; 2 – объект измерения; 3 – сопло; 4 – показывающий прибор; 7 – механизм; 2 – стяжка; 3 и 8 – входные сопла; 4, 7 и 11 – плоские пружины; 5 – узел противодействия; 6 – измерительное сопло; 9 – винты; 10 – упоры

На основе описанного прототипа разработан способ [7] для определения зазора в шатунном подшипнике двигателя КАМАЗ-740, и на рис.4 показана схема реализующего его измерительного устройства.

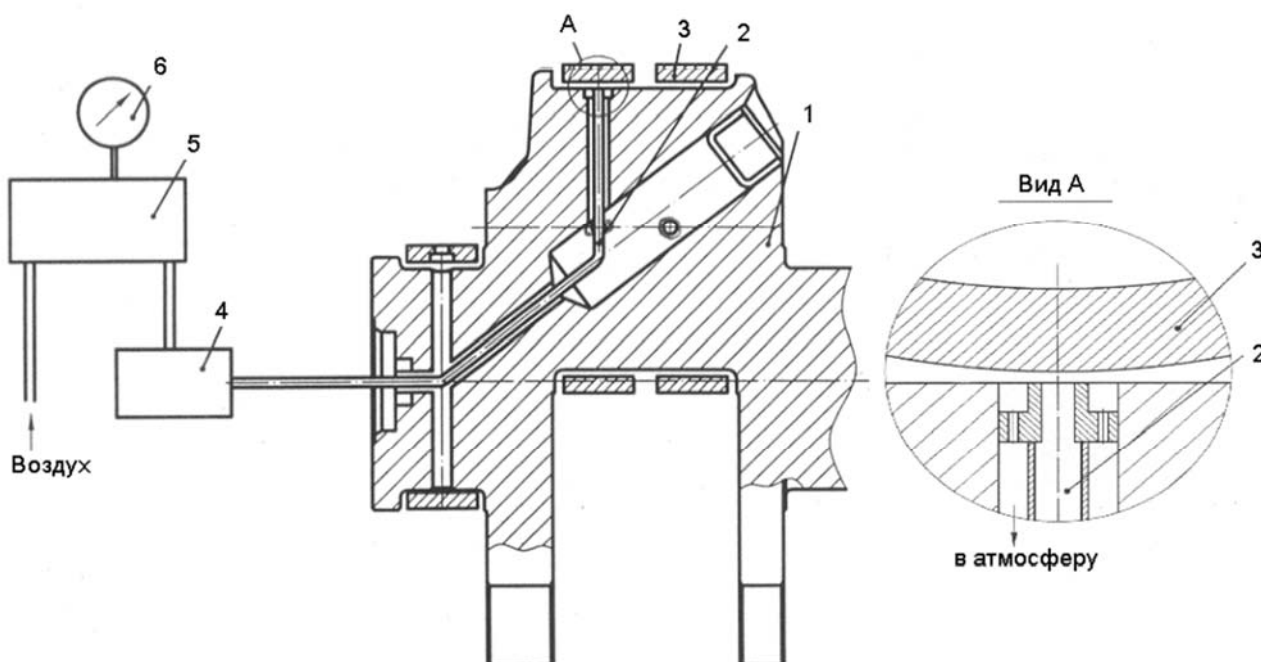


Рисунок 4. Схема определения зазора в шатунном подшипнике двигателя КАМАЗ 740: 1 – коленчатый вал; 2 – трубки подвода воздуха к жиклерам; 3 – шатунный вкладыш; 4 – переходная муфта; 5 – узел подготовки воздуха; 6 – электронное измерительное устройство

В общем случае определение зазора заключается в следующем. В масляных каналах коленчатого вала 1 выполнен общий канал подвода воздуха 2, из которого в зазор между шейкой коленчатого вала и вкладышами 3 через выполненную измерительную систему сопло-заслонка в окончании канала на поверхности шатунной шейки подается воздух. Конструкция сопла выполнена в виде ввёртыша с наружным диаметром 4 мм, калиброванного отверстия в нем с внутренним диаметром 1 мм на носике, заглубленном на 2 мм, с отводящими отверстиями отработавшего воздуха внутрь картера и в атмосферу. Функцию заслонки выполняют рабочая поверхность верхнего шатунного вкладыша 3. Сжатый воздух с давлением 0,2 МПа от узла подготовки воздуха 5, электронное измерительное устройство 6 по воздушной магистрали подается в переходную муфту 4, давление контролируется манометром, далее воздух проходит через переходную муфту 4 во вращающийся коленчатый вал и в систему двух сопло-

заслонка 2, выходящих диаметрально противоположно на поверхность шатунной шейки, функцию заслонки выполняют вкладыши 2 (на рисунке 4 показано сечение вкладыша с прогибом). Объем воздуха, проходящего через сопла, определяет перепад давления на мембране в преобразователе давления. Перепад давления на мембране преобразуется в электрический сигнал и показания индикатора измерительного прибора со шкалой, проградуированной от 0% до 100%.

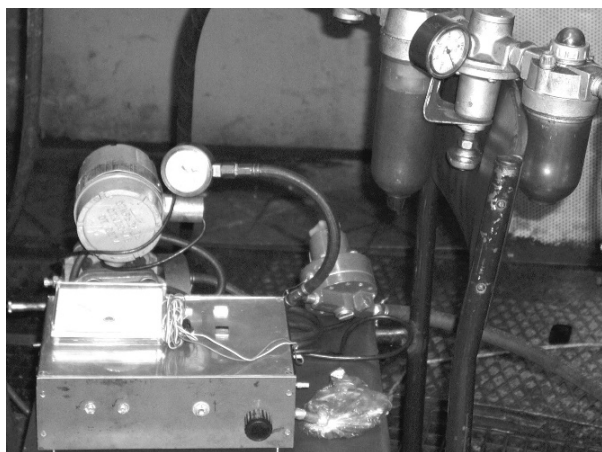
С применением описанного устройства разработана и апробирована методика исследования формоизменения шатунных вкладышей в условиях стендовых испытаний дизельных двигателей КАМАЗ 740.

Коленчатый вал двигателя доработан по передней шейке 5-го цилиндра для подвода измерительного воздуха по оси коленчатого вала с выходом через два жиклера, расположенных диаметрально противоположно в плоскости  $30^\circ$  от оси кривошипа после ВМТ 5-го цилиндра по центру шейки. В разработанном устройстве применялся преобразователь давления «Сапфир-22Д» и измерительное устройство типа «Marposs».

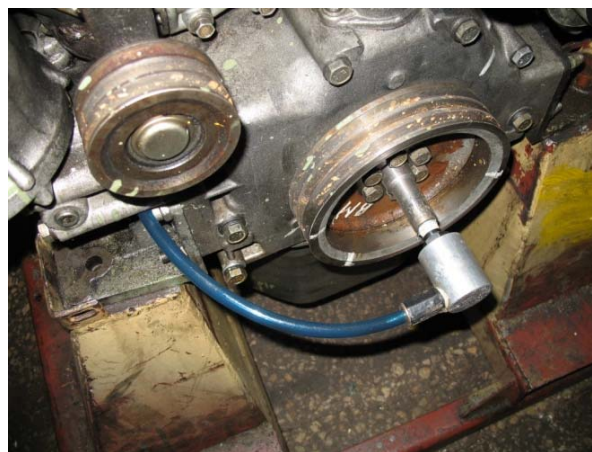
Измерительная система позволяет определить изменение зазора в шатунном подшипнике относительно начального. Измерения проводятся на остановленном двигателе в положении оси жиклеров вдоль оси шатуна в такте сжатия при закрытых клапанах. Для этого путем ручного поворота совмещаются специальные метки на маховике и неподвижном картере маховика. После чего в плоскости оси шатуна замеряют величину расхода воздуха по прибору и определяют начало образования прогиба вкладышей по увеличению разницы исходного зазора  $S_0$  и зазоров после работы на режимах  $S_1$  и ее росту (накоплению).

Исследования проводились на Заводе двигателей ПАО «КАМАЗ» на стенде для контрольных испытаний фирмы «AVL» с гидротормозом фирмы «SCHENCK».

На рисунке 5 представлены фотографии элементов устройства, подключенного к двигателю КАМАЗ-740.



а)



б)

Рисунок 5. Фотографии элементов устройства для определения зазора в шатунном подшипнике коленчатого вала двигателя: а) измерительный блок, узел подготовки воздуха, дифференциальный манометр; б) приемный штуцер ДВС и переходная муфта для подвода воздуха

Перед сборкой двигателя проводили микрометраж вкладышей по величине выступания в контрольном приспособлении, по размеру в плоскости стыков диаметр в свободном состоянии, наличию прогиба до и после монтажа. Точность измерения выступания вкладышей в контрольном приспособлении – 0,001 мм; диаметра по стыку в свободном состоянии – 0,01 мм., прогиба – 0,01 мм. Вкладыши для испытания и замены подбирали в пределах чертежных допусков. Перед установкой вкладышей проводили также микрометраж расточек нижних головок шатунов. Шатунные болты при этом затягивали до удлинения 0,25...0,27 мм. Также снимали круглограммы на приборе «Talirond». После установки вкладышей (шатунные болты также затягивали до удлинения 0,25...0,27 мм) повторно снимали круглограммы расточек шатунов и профилограммы рабочей поверхности вкладышей по образующей.

После замера диаметра шатунной шейки рассчитан фактический зазор в сопряжении шатунная шейка – вкладыш. Зазор по первой шатунной шейке в исходном состоянии составил  $S_0 = 0,105$  мм. По результатам микрометража установлено, что шатун в сборе с вкладышами и зазор в шатунном подшипнике соответствует конструкторской документации.

На коленчатом валу перед установкой в двигатель с использованием измерительной системы производили подгонку и тарировку жиклеров по расходам воздуха в следующей последовательности:

- 1) устанавливается давление воздуха на входе  $P_e = 0,2$  МПа;
- 2) заглушается отверстие 1-ого жиклера, и замеряется расход воздуха из отверстия 2-ого жиклера ( $S_2$ ) по прибору;
- 3) заглушается отверстие 2-ого жиклера, и замеряется расход воздуха из отверстия 1-ого жиклера ( $S_1$ ) по прибору;
- 4) сравниваются значения расходов  $S_1$  и  $S_2$ ; подгоняется меньшее проходное сечение до большего до разницы не более 3 % (см. результаты в таблице 1) за счет увеличения диаметра жиклера.

Таблица – Показания прибора в зависимости от расхода воздуха

Расход воздуха	Показания прибора, %
При полностью открытых двух жиклерах $S$ , %	100
При полностью закрытых двух жиклерах $S$ , %	0
Запирание жиклера 1 ( $S_2$ ), %	70
Запирание жиклера 2 ( $S_1$ ), %	69
С установленными вкладышами	
- верхний (запирание отв. 2) ( $S'_2$ ), %	20
- нижний (запирание отв. 1) ( $S'_1$ ), %	17

На следующем этапе методики проводится тарировка и подгонка по расходу воздуха совместно с вкладышами до установки в двигатель, в следующей последовательности:

- 1) устанавливается давление воздуха на входе  $P_e = 0,2$  МПа;
- 2) прикрывается вкладышем 1-й жиклер шатунной шейки и одновременно запирается отверстие 2-го жиклера ( $S'_1$ );
- 3) прикрывается вкладышем 2-ой жиклер шатунной шейки и одновременно запирается отверстие 1-ого жиклера ( $S'_2$ ).
- 4) сравниваются показания  $S'_1$  и  $S'_2$ ; подгоняется меньшее сечение до большего путем заглабления носика одного жиклера до разницы не более 3 %.

Применение новых способа и устройства позволило разработать методики и исследовать начало и накопление формоизменений шатунных вкладышей во взаимосвязи с условиями смазки, температурными и нагрузочными режимами двигателя в процессе его работы, и другими факторами.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кулаков А.Т. Разработка способа диагностирования шатунных подшипников двигателей и практических рекомендаций для снижения их отказов в процессе эксплуатации (на примере КамАЗ-740): дисс .... канд. техн. наук : 05.22.10 / А.Т. Кулаков. – Саратов, 1986. – 173 с.

2. Кулаков А.Т. Анализ причин эксплуатационных разрушений шатунных вкладышей двигателей КамАЗ-740 / А.С. Денисов, А.Т. Кулаков // Двигателестроение. 1981. – №9. – С. 37–40.

3. Кулаков А.Т., Денисов А.С. Обеспечение надежности автотракторных двигателей: монография / А.Т. Кулаков, А.С. Денисов. – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2007. – 422 с.

4. Кулаков О.А. Диагностирование формоизменений шатунных вкладышей дизельных двигателей / О.А. Кулаков, И.А. Сахапов, А.Т. Кулаков // Автотранспортное предприятие. 2008. – №1. – С. 47–49.

5. Активный контроль размеров / под ред. С.С. Волосова. – М.: Машиностроение, 1984. – 223 с.

6. Димов Ю.В. Метрология, стандартизация и сертификация. 3-е изд. – СПб.: Питер, 2010. – 464 с.

7. Патент № 2691259 С1 Российская Федерация, МПК G01M 15/06, G01B 13/12. Способ определения зазора в шатунном подшипнике коленчатого вала при испытании и диагностике двигателя внутреннего сгорания автомобилей, транспортных и транспортно-технологических машин : заявка № 2018105459 : заявл. 13.02.2018 : опубл. 11.06.2019 / А.А. Макушин, А.Т. Кулаков, О.А. Кулаков, А.Н. Илюхин.

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ УПРОЧНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

*П.А. Горбушин, С.А. Шишурин, И.Ю. Илларионов, Р.В. Вольсков*

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

**Аннотация:** проведен анализ перспективных способов упрочнения поверхностей режущих элементов сельскохозяйственной техники. Установлено, что классические способы упрочнения имеют существенные недостатки, ограничивающие их широкое применение. При этом, модификация классических способов упрочнения режущих элементов сельскохозяйственной техники имеет хорошие перспективы за счет возможности устранения недостатков применяемых способов.

**Ключевые слова:** надежность, упрочнение, ресурс, режущие элементы.

## PROMISING METHODS OF HARDENING THE SURFACES OF CUTTING ELEMENTS OF AGRICULTURAL MACHINERY

*P.A. Gorbushin, S.A. Shishurin, I.Yu. Illarionov, R.V. Volskov*

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

**Abstract:** the analysis of promising methods of hardening the surfaces of cutting elements of agricultural machinery is carried out. It is established that the classical methods of hardening have significant disadvantages that limit their wide application. At the same time, the modification of the classical methods of hardening the cutting elements of agricultural machinery has good prospects due to the possibility of eliminating the disadvantages of the methods used.

**Keywords:** reliability, hardening, service life, cutting elements.

Современная сельскохозяйственная техника представляет собой комплекс сложных систем, узлов, сопряжений, деталей и других элементов. Надежность такой техники закладывается ещё на этапе проектирования, а обеспечивается качественным производством всех ее элементов. Однако, в процессе эксплуатации, большинство систем испытывает нагрузки, которые выводят их из строя. Особое воздействие на детали оказывают трение, вибрация, знакопеременные нагрузки, агрессивные среды и т.д. В процессе эксплуатации техники большинство деталей изнашивается, теряя при этом массу и первоначальную геометрическую форму. Для более высокого сопротивления негативным эффектам, оказывающим влияние на элементы сельскохозяйственных машин, применяют способы упрочнения поверхностей. Существует большое количество способов упрочнения поверхностей деталей, каждый из которых подходит исходя их множества факторов. В связи с чем, определение наиболее подходящего способа упрочнения для конкретных деталей, работающих в определенных условиях, является актуальной задачей.

Свое исследование мы проводили на основе режущих элементов уборочных сельскохозяйственных машин. 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 [4–6] 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.

Наиболее перспективными способами повышения ресурса режущих элементов являются технологические, исключаящие любые изменения конструкции или материала [3].



Рассмотрим наиболее перспективные способы [1–9]:

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.

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.

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 вредных 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.

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.

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.

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 неустранимому браку. Кроме того, требуется применение специализированного оборудования, отсутствие возможности одновременной обработки большого количества деталей и т.д.

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.

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.

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 величиной в 50 мкм.

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.

11. Железнение. Покрытия получают толщиной до 1,5 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 гальванических покрытий, однако технология подразумевает обязательную механическую обработку поверхности.

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.

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.

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 схож 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 уровнем контроля 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.

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.

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].

24. Электромеханическая обработка. Поверхность при данном методе обработке 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.

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 РЭРОУСХМ является не целесообразным.

Методы пластического деформирования. Основными преимуществами способов является невысокая стоимость и возможность обработки при массовом и крупносерийном производстве, что не подходит для обработки РЭРОУСХМ. 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.

Проведя литературный анализ существующих способов восстановления поверхностей режущих элементов сельскохозяйственной техники, можно сделать вывод о том, что нет универсального способа, не имеющего существенных недостатков и ограничивающих распространение данного способа на всю номенклатуру однотипных изделий. В связи с чем, большую перспективность имеет не подбор лучшего способа из множества стандартных, а

модификация существующих способов для устранения их недостатков и расширения сферы их применения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Верещака А.С. Работоспособность режущего инструмента с износостойкими покрытиями. – М.: Машиностроение, 1993. – 336 с.

2. Повышение износостойкости и коррозионной стойкости гальванического покрытия хрома применением наноразмерных материалов / В.В. Сафонов, С.А. Шишурин, П.А. Горбушин, В.В. Венский // Научная жизнь. – 2022. – Т. 17, № 5(125). – С. 761–770.

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

4. Одинцов Л.Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием: Справочник / Л.Г. Одинцов. – М.: Машиностроение. – 1987. – 328 с.

5. Технология упрочнения и восстановления деталей сельскохозяйственной техники нанокпозиционным гальваническим железнением / В.В. Сафонов [и др.] // Научная жизнь. – 2019. – № 2. – С. 33–42.

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

7. Application of Composite Electroless Nickel Coatings on Precision Parts of Hydraulics Aggregates / V. Safonov [et al.] // Tribology in Industry. – 2019. – Vol. 41. – No. 1. – P. 14–22.

8. Investigation of Structure and Wear Resistance of Nanocomposite Coating of Chemical Nickel / V. Safonov [et al.] // Tribology in Industry. – 2018. – Vol. 40. – No. 4. – P. 529–537.

9. 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.

## СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДИАГНОСТИКИ ЗУБЧАТЫХ ЗАЦЕПЛЕНИЙ ТРАНСМИССИИ АВТОМОБИЛЕЙ

*С.А. Гребенников, В.Н. Басков, А.С. Гребенников, А.В. Косарева*

Саратовский государственный технический университет

имени Гагарина Ю.А., г. Саратов, Россия

**Аннотация:** приводятся результаты аналитических исследований нового способа диагностирования зубчатых зацеплений в механизмах трансмиссий автомобилей по рассогласованию мгновенных значений угловых скоростей ведущих и ведомых валов контролируемой кинематической пары при прокручивании трансмиссии с вывешенными ведущими колёсами от ДВС. Обоснованы диагностические параметры, характеризующие техническое состояние зубчатых или шлицевых зацеплений в элементах трансмиссии. Рассмотрены требования к режиму выполнения диагностических операций и принцип работы устройства, реализующего предложенный способ.

**Ключевые слова:** автомобиль, трансмиссия, диагностирование, способ, устройство, угловая скорость.

## METHOD AND DEVICE FOR DIAGNOSTICS OF GEAR GEARS OF THE TRANSMISSION OF CARS

*S.A. Grebennikov, V.N. Baskov, A.S. Grebennikov, A.V. Kosareva*

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia

**Abstract:** the results of analytical studies of a new method for diagnosing gear gears in car transmission mechanisms by mismatch of the instantaneous values of angular velocities of the driving and driven shafts of a controlled kinematic pair when

scrolling the transmission with the drive wheels from the internal combustion engine. The diagnostic parameters characterizing the technical condition of gear or spline gears in the transmission elements are substantiated. The requirements for the mode of performing diagnostic operations and the principle of operation of the device implementing the proposed method are considered.

**Keywords:** car, transmission, diagnosis, method, device, angular velocity.

Измерение кинематической погрешности в зацеплениях зубчатых колес и шлицевых передач со сложной геометрической формой поверхностей, составляющих основу конструкции трансмиссий транспортных средств (ТС), представляет сложную метрологическую задачу [1–5]. Это связано с необходимостью оценки качества контакта всей совокупности зубьев, участвующих в зацеплениях кинематической пары. В существующих способах и средствах диагностики механизмов трансмиссии (по значениям мощности механических потерь, виброакустических и тепловых показателей, углового люфта [1]) такой возможности нет, что и определяет актуальность разработки новых подходов к реализации задачи по более полному контролю технического состояния её элементов.

Предложенный сотрудниками СГТУ имени Гагарина Ю.А. способ [1, 3,] позволяет осуществить поэлементное диагностирование механизмов, когда в зацеплении участвуют вся совокупность возможных сочетаний контактов зубьев взаимодействующих шестерен (в шлицевых соединениях зоны контакта постоянны) путем прокручивания двигателем (ДВС) трансмиссии автомобиля при вывешенном одном его ведущем колесе на подъемнике или ином устройстве.

Теоретические предпосылки способа поэлементного диагностирования трансмиссии основаны на использовании особенностей динамики работы кривошипно-шатунного механизма ДВС [3], принципа Д'Аламбера [2] и теории зубчатых зацеплений [4].



Суть способа диагностирования трансмиссии заключается в непрерывной регистрации мгновенных значений угловой скорости коленчатого вала ДВС, ведущих, ведомых валов кинематических пар и ввешенного ведущего колёса ТС в заданных интервалах угла их поворота при прокручивании трансмиссии ДВС, работающим на установившемся минимальном скоростном режиме.

Такой тестовый режим диагностики вызывает циклические колебания угловой скорости всех вращающихся механизмов системы «ДВС–трансмиссия», поскольку в соответствие динамикой ДВС и принципом Д’Аламбера отношение приведенных (с учетом передаточного числа в кинематически соединенных парах зацеплений) мгновенных значений угловых скоростей  $\omega_d$  коленчатого вала и ведущих колес ТС не является величиной постоянной по углу их поворота, подчиняясь закономерности [3]

$$\Delta M = M_d - M_c = \frac{J d\omega_d}{dt}, \quad (1)$$

где  $M_d, M_c$  – значения крутящего момента ДВС и момента сопротивления по времени  $dt$ ;  $J$  – момент инерции вращающихся и поступательно движущихся масс ДВС, приведенный к оси коленчатого вала.

Из (1) следует, что неравенство моментов  $M_d \neq M_c$ , в свою очередь, вызывает мгновенные изменения в значениях угловой скорости коленчатого вала по закону:

$$d\omega_d = \frac{1}{J} \cdot (M_d - M_c) dt = \frac{1}{J} \Delta M dt. \quad (2)$$

На рисунке 1, заимствованного из работы [3], показан пример отклонений мгновенных значений момента  $M_d$  и частоты вращения коленчатого вала  $\Delta \omega$  в пределах одного рабочего такта ДВС при постоянной на него средней нагрузке от момента сопротивления  $M_c$  на прокручивание системы «ДВС–трансмиссия», относительно средней его величины  $M_{дср}$ .

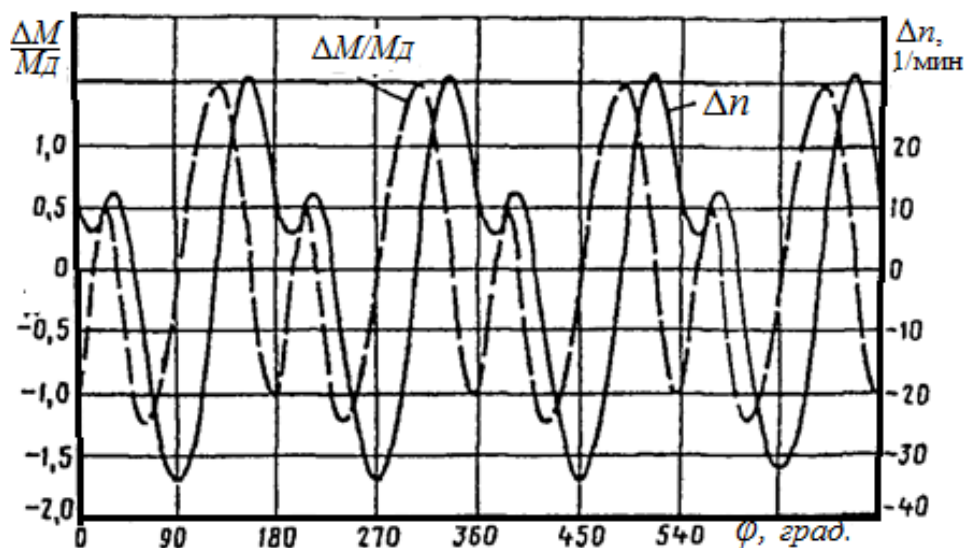


Рисунок 1. Изменения мгновенных значений соотношений моментов  $\Delta M/M_d$  и частоты  $\Delta n$  вращения коленчатого вала 4-х цилиндровых ДВС от угла  $\varphi$  поворота коленчатого вала

Знакопеременный колебательный процесс угловой скорости  $\omega_d$  в системе «ДВС–трансмиссия» вызывает перекадку зубьев взаимодействующих шестерен кинематических пар трансмиссии в моменты смены её знака относительно среднего значения (линия «0» на рисунке 1). С увеличением люфта в сопряжениях трансмиссии флуктуация угловых скоростей  $\Delta\omega$  по амплитуде ведущих и ведомых валов кинематических пар возрастает, что и является диагностическим симптомом технического состояния механизмов трансмиссии. Поэтому оценка технического состояния элементов трансмиссии, включая механизмы с зубчатыми зацеплениями, осуществляется по значению коэффициента неравномерности изменения угловой скорости [2]

$$\delta = \frac{\omega_{\max} - \omega_{\min}}{\bar{\omega}}, \quad (3)$$

где  $\omega_{\max}$ ,  $\bar{\omega}$ ,  $\omega_{\min}$  – значения максимальной, средней и минимальной угловых скоростей ведущих и ведомых валов кинематических пар за кинематический цикл работы системы «ДВС–трансмиссия».

Таким образом, при прокручивании двигателем «вывешенной» трансмиссии АТС цикличность колебаний угловой скорости в её элементах

создаёт надежные условия для полного раскрытия и последующего выбора имеющегося зазора между входящими в контакт зубьями диагностируемой кинематической пары. При наличии зазора, изменения значений угловых скоростей ведущего и ведомого валов имеет вид (рис. 2).

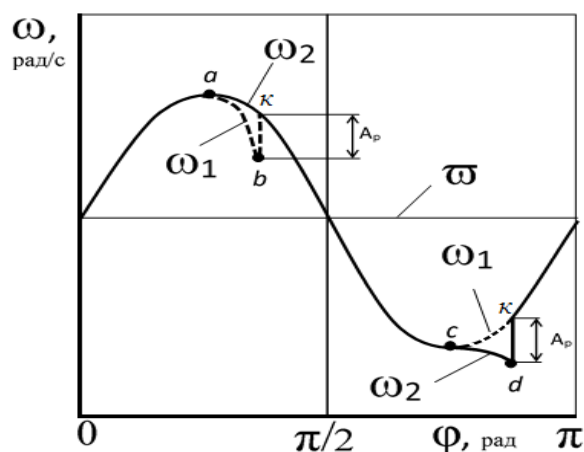


Рисунок 2. Изменения угловых скоростей ведущего  $\omega_1$  и ведомого  $\omega_2$  валов по углу  $\varphi$  их поворота при наличии люфта в зубчатом зацеплении при прокручивании трансмиссии 4-х цилиндровым ДВС

Как следует из рисунка 2 при достижении изношенной зубчатой парой экстремума угловой скорости  $\omega_{max}$  (точка «a») у ведущего вала (пунктирная линия  $a-b$ ) скорость убывает гораздо интенсивней ввиду смены знака  $M_d$  ДВС. Угловая скорость ведомого вала диагностируемого элемента трансмиссии определяется его силами инерции и трения, а поэтому она выше, чем у ведущего. В результате замедления ведущего вала контакт зубьев разрывается до момента соприкосновения обратных сторон зубьев пары (точка  $b$ ). В этот момент «перекладки» зубьев шестерен скорость ведущего вала становится равной ведомому валу по причине большего значения инерционной массы трансмиссии. Выбег на участке  $\kappa-c$  осуществляется при постоянном контакте зубчатых зацеплений.

При достижении  $\omega_{min}$  (рис. 2), определяющим изменение знака крутящего момента ДВС, угловая скорость ведущего вала, наоборот, растет, обратные стороны зубьев размыкают контакт и ведомый вал начинает замедляться под действием сил трения (линия  $c-d$ ). Скорости валов становятся вновь различными до момента контакта зубьев пары после их «перекладки». «Догоняя» ведомый вал, ведущий сообщает ему ускорение от ДВС (точка  $d$ ) и их скорости выравниваются.

Линии  $b-k$ ,  $d-k$  (рис. 2) отражают ударный характер передачи крутящего момента зубьями сопряженных шестерен, сопровождающийся дополнительным расходом мощности механических потерь от работ удара  $A_p$ . При известном значении приведенного момента инерции  $\Sigma I$  всех вращающихся частей динамической системы «ДВС-трансмиссия» дополнительная работа удара  $A_p$  вызовет соответствующее увеличение коэффициента [2]

$$\delta = \frac{A_p}{\Sigma I \cdot \omega^2}. \quad (4)$$

Помимо этой причины коэффициент неравномерности  $\delta$  (3) увеличивается из-за возрастания амплитуды колебания угловой скорости, поскольку при неизменном значении  $\omega_{max}$ , определяемой точкой « $a$ », значение минимальной  $\omega_{min}$ , уменьшилось (точка  $d$ ) при нормативной средней  $\omega$  процесса диагностирования. С увеличением износа сопряжений трансмиссии (углового люфта), значение коэффициента неравномерности увеличивается по прямо пропорциональной зависимости.

При известном значении передаточных отношений  $i_p$  в зубчатых зацеплениях механизмов трансмиссии несоответствие мгновенных угловых скоростей их ведущего ( $\omega_1$ ) и ведомого ( $\omega_2$ ) валов определяются по

$$\Delta\omega = \omega_1 - \omega_2 i_p, \quad (5)$$

которое, как и значение коэффициента  $\delta$  являются диагностическими параметрами, по которым судят о техническом состоянии всех сопряженных кинематических пар трансмиссии.

Из теоретического обоснования следует, что для реализации предлагаемого способа необходимо установить датчики угловых перемещений на валах диагностируемых кинематических пар трансмиссии. Применительно к диагностике коробки передач необходимо установить на коленчатый вал, выходной вал с коробки передач, а для общего диагностирования всей трансмиссии – заднее ведущее колесо.

Регистрацию мгновенных значений угловых скоростей осуществляют разработанным в СГТУ устройством (рис. 3) с датчиками угловых перемещений ВЕ-178А, которым измеряют значения угловых скоростей, их несоответствие на ведущем ( $\omega_1$ ) и ведомом ( $\omega_2$ ) валах, коэффициента  $\delta$  угловой скорости вращающихся валов и разность их изменений по углу их поворота. При этом мгновенные значения угловой скорости коленчатого вала двигателя и вращающихся валов трансмиссии в последовательных интервалах угла ( $\Delta\varphi = 1^\circ = 0,0174$  рад.) их поворота определяются с погрешностью не более 0,0001 рад/с

$$\omega = \frac{\Delta\varphi \cdot \nu}{f_i}, \text{ рад/с}, \quad (6)$$

где  $\nu$  – частота (2 МГц) опорного кварцевого генератора прибора;  $f_i$  – число импульсов на  $i$ -м интервале угла поворота валов диагностируемой кинематической пары.



Рисунок 3. Устройства поэлементной диагностики трансмиссии АТС

Экспериментальная проверка способа диагностирование агрегатов трансмиссии осуществлялась на автомобилях КАМАЗ-5511 путем изменения в ней суммарного углового зазора с фиксацией передаточного отношения трансмиссии по показателям рассогласования мгновенных угловых скоростей ведущего заднего колеса и коленчатого вала ДВС. Полученные результаты подтвердили правильность теоретических предпосылок и выбранных диагностических показателей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Болдин А.П. Надежность и техническая диагностика подвижного состава автомобильного транспорта. Теоретические основы: учебн. пособие / А.П. Болдин, В.И. Сарбаев. – М.: МАДИ, 2010. – 206 с.

2. Гребенников А.С. Диагностирование автотракторных двигателей динамическим методом / А.С. Гребенников // Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2002. – 196 с.

3. Девянин С.Н. Неравномерность крутящего момента ДВС и тяговые качества мобильной машины / С.Н. Девянин, А.А. Савастенко, И.А. Никишин // Автомобильная промышленность, 2010, №6. – С. 5–8.

4. Мурашов И.И. Зубчатые механизмы и их точность. – М.: Машиностроение, 1967. – 267 с.

5. Судакова В.А. Компьютерное диагностирование зубчатых и фрикционных элементов трансмиссий АТС в движении / В.А. Судакова // Автомобильная промышленность, 2012, № 11. – С. 20–23.

## ОСОБЕННОСТИ НЕРАВНОМЕРНОГО ИЗНАШИВАНИЯ ПОДШИПНИКОВ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА ДВС

*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:** рассматривается понятие термина «неравномерность изменения технического состояния» элементов АТС в процессе эксплуатации, классификация её видов и показателей их оценки. Приведены теоретические и экспериментальные исследования и особенности неравномерности износа подшипников коленчатого вала от исходной неравномерности их структурных показателей, оказывающей влияние на значение их предельного зазора и ресурс ДВС. Дана общая классификация видов показателей оценки неравномерности изменения технического состояния элементов АТС в процессе эксплуатации, а также Приведены примеры конструкторских решений для снижения исходной неравномерности износа подшипников коленчатого вала двигателя.

**Ключевые слова:** двигатель, неравномерность, износ, подшипники, коленчатый вал, ресурс.

## FEATURES OF UNEVEN WEAR OF THE BEARINGS OF THE CRANKSHAFT OF THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE

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

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia

**Abstract:** the concept of the term "unevenness of changes in the technical condition" of PBX elements during operation, classification of its types and indicators of their evaluation are considered. Theoretical and experimental studies and features of uneven wear of crankshaft bearings from the initial unevenness of their structural indicators, which affects the value of their maximum clearance and the service life of the internal combustion engine, are presented. A general classification of the types of

indicators for assessing the unevenness of changes in the technical condition of PBX elements during operation is given, and examples of design solutions are given to reduce the initial unevenness of wear of engine crankshaft bearings.

**Keywords:** engine, unevenness, wear, bearings, crankshaft, resource.

Данные статистики показывают, что на долю ДВС приходится до 25% отказов по автомобилю, наиболее трудоемкими и материально затратными из которых, требующие высокой квалификации моториста, являются работы по восстановлению работоспособности изношенных вкладышей подшипников и шеек коленчатого вала, лимитирующих общий ресурс ДВС. Во многих публикациях [1–5], отмечается сложность диагностирования данных одноименных сопряжений в составе многоцилиндровых ДВС, интенсивность изменения технического состояния которых имеет значительный коэффициент вариации  $v = 0,4...0,7$ , а выход одного из них приводит к отказу двигателя и прекращению транспортного процесса. По этим причинам научными коллективами, конструкторами и технологами прилагаются многосторонние усилия по обеспечению максимальной надежности данных сопряжений и, прежде всего, созданию условий более равномерного их изнашивания в процессе эксплуатации.

Исходя из вышесказанного, формируется актуальная проблемная задача, поставленная как цель данной статьи – исследовать причины возникновения неравномерности изнашивания шатунных и коренных подшипников и аналитически установить взаимосвязь неравномерности значений их структурных параметров с ресурсом.

Ввиду различий деталей по допуску при изготовлении, качества проведения сборочно-монтажных работ отдельных узлов, агрегатов при массовом поточном изготовлении АТС, разнообразных природно-климатических условий эксплуатации, параметры технического состояния конкретных элементов каждого автомобиля, даже в партии одновременно произведенных, будут индивидуальными, требующими и индивидуального подхода к обеспечению его работоспособности в процессе эксплуатации.

Значительная разница в интенсивности изменения технического состояния взаимосвязанных элементов одноименных звеньев кривошипно-шатунного (КШМ), газораспределительного (ГРМ) механизмов и цилиндропоршневой группы (ЦПГ) ДВС, других агрегатов и систем



автомобиля связана с отличающимися условиями их функционирования, невозможностью создания идентичного распределения нагрузки среди них. Поэтому структурная неравномерность ресурсных возможностей агрегатов и систем АТС, отдельных узлов, деталей в их составе, является объективно неизбежной (рис. 1).

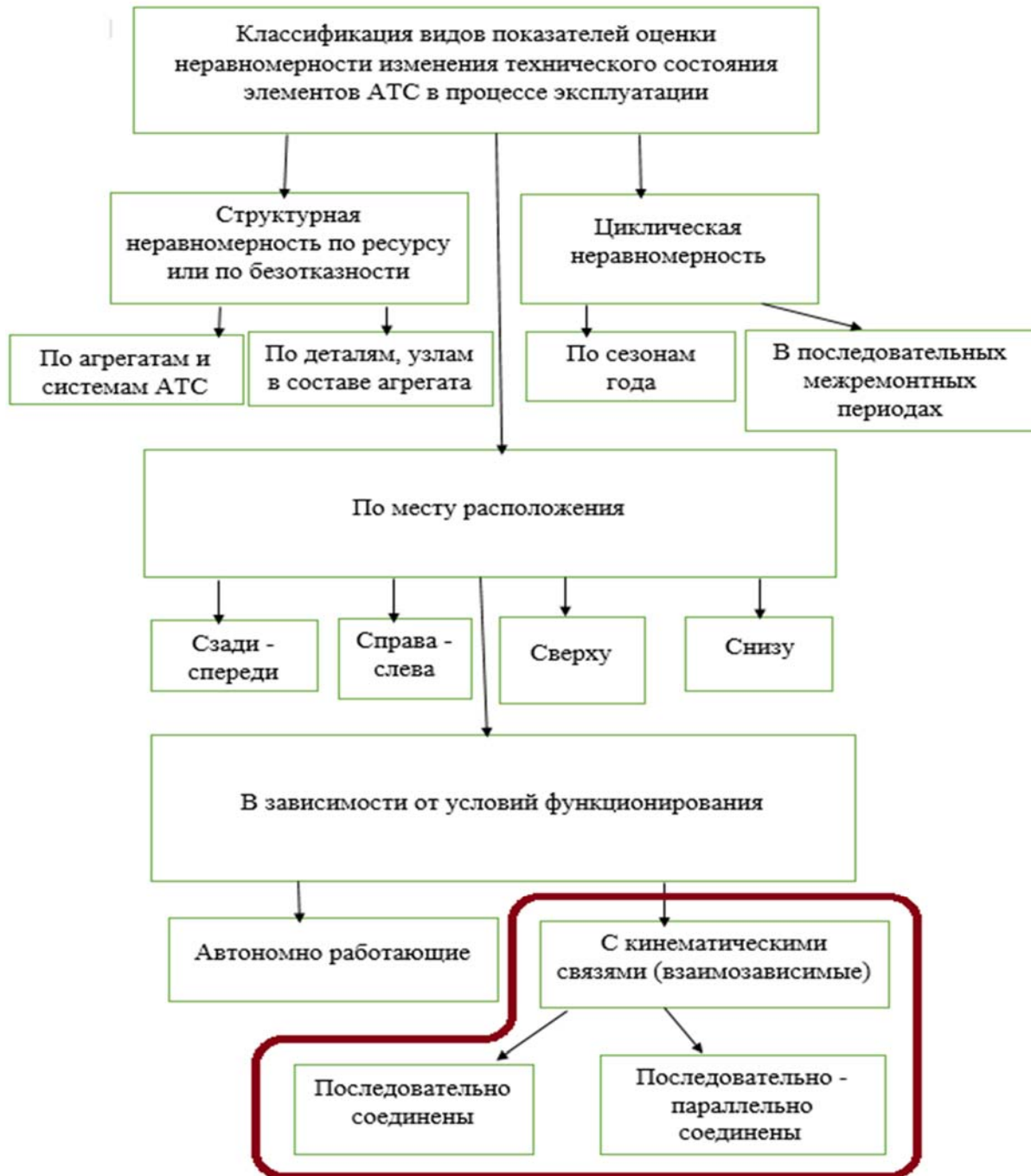


Рисунок 1. Направления исследований по теме «Неравномерность изменения технического состояния элементов АТС» в сфере технической эксплуатации, как науки

Представленные на рисунке 1 классификационные признаки определяют основные направления в теоретическом и практическом осмыслении влияния неравномерности технического состояния взаимосвязанных элементов на ресурс агрегатов автомобиля, зависящие от условий их функционирования, сезона и порядкового номера межремонтных циклов эксплуатации.

Как видно из рисунка 1, интенсивность изменения технического состояния и ресурсные возможности одноименных деталей в агрегате или автомобиле зависят, как от места их расположения, так характера взаимодействия сопряжений. Например, известно, что в шатунных подшипниках большему износу подвержен верхний вкладыш, а в коренных – нижний, подшипники на карданном валу интенсивнее изнашиваются, ближе расположенные к ведущим колесам, а ресурс элементов ходовой части и кузовных элементов, расположенных с правой стороны, ниже.

Особого внимания заслуживают кинематически взаимосвязанные одноименные сопряжения в составе системы «ДВС-трансмиссия» (выделены на рисунке 1), обеспечивающих передачу крутящего момента на ведущие колеса АТС.

Рассмотрим по отдельности неравномерность изнашивания подшипников коленчатого вала, относящихся к кинематически взаимосвязанным сопряжениям, параллельно – последовательно формирующих крутящий момент на коленчатом валу ДВС.

Различия в трибологических условиях формирования неравномерности изнашивания коренных и шатунных подшипников от наработки диктуются неодинаковым характером передаваемых и воспринимаемых нагрузок от газовых и инерционных сил, свойственных ДВС.

Шатунные шейки испытывают основную нагрузку от шатуна, которая в основном сконцентрирована в середине шейки, в месте подвода смазки, поэтому профиль поверхности преимущественно вогнутый в центре. Коренные же шейки, испытывающие действие изгибающих моментов от нагрузок, передаваемых от шатунной шейки на обе стороны, вызывают доминирующий профиль износа их шеек выпуклым и конусообразным. Все виды макро- и микрогеометрических изменений шеек коленчатого вала негативно отражаются на условиях формирования смазочного слоя в подшипниках и увеличивают интенсивность их изнашивания.

Шатунные подшипники, в отличие от коренных опор коленчатого вала, непосредственно не взаимодействуют друг с другом; при равномерной работе цилиндров ДВС значения усилия  $P_r$  (рис. 2) на шатунных шейках идентичны. Если исходные значения зазоров в подшипниках равны, то интенсивность их изнашивания и ресурсы будут одинаковыми.

При наличии различий в значениях зазоров  $\Delta S_n$  шатунных подшипников неравномерность их интенсивности изнашивания  $\alpha_n$  в процессе эксплуатации возрастает по линейной зависимости [1]:

$$\alpha_n = \alpha_{n0} + b_n \Delta S_n, \quad (1)$$

где  $\alpha_{n0} = \alpha_{\max} - \alpha_{\min}$ ,  $\Delta S_n = S_{\max} - S_{\min}$  – соответственно значения исходной неравномерности интенсивности изнашивания и неравномерности зазоров в шатунных подшипниках после приработки;  $b_n$  – коэффициент интенсификации неравномерности изнашивания шатунных подшипников.

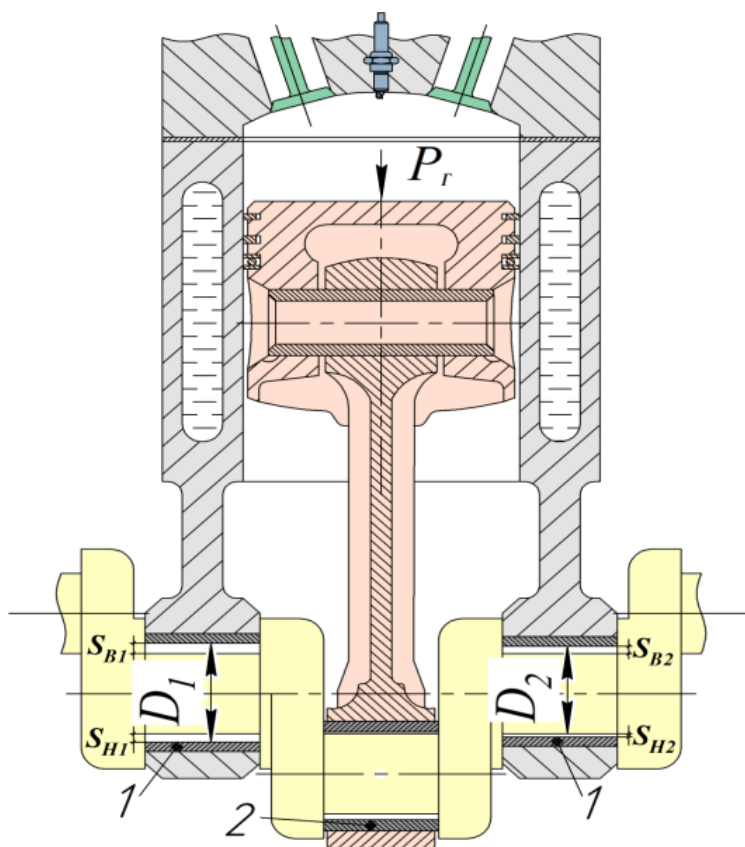


Рисунок 2. Схема одного звена поршневого ДВС: 1, 2 – соответственно подшипники коренные и шатунные коленчатого вала;  $D_1$ ,  $D_2$  – значения диаметра коренных опор с вкладышами подшипников скольжения;  $S_B$ ,  $S_H$  – зазоры в сопряжениях коренных шеек с верхними и нижними вкладышами

По выражению (1), определим зависимость неравномерности износа  $\Delta S_H$  шатунных подшипников от пробега  $l$  из известного соотношения [1]:

$$\alpha_H = \frac{d\Delta S_H}{dl},$$

откуда

$$l = \int \frac{d\Delta S_H}{\alpha_H} = \int \frac{d\Delta S_H}{\alpha_{HO} + b_H \Delta S_H} = \frac{\ln(\alpha_{HO} + b_H \Delta S_H)}{b_H} + C_1. \quad (2)$$

При начальных условиях ( $l=0, \Delta S_H=0$ ), значение

$$C_1 = -(\ln \alpha_{HO}) / b_H.$$

Тогда

$$l = \frac{1}{b_H} \ln \left( 1 + \frac{b_H \Delta S_H}{\alpha_{HO}} \right),$$

а неравномерность износа  $\Delta S_H$  шатунных подшипников в процессе эксплуатации

$$\Delta S_H = \frac{\alpha_{HO}}{b_H} (e^{b_H l} - 1). \quad (3)$$

Поскольку условное приращение неравномерности интенсивности изнашивания шатунных подшипников после этапа приработки принимается неизменным  $\alpha_H=0$ , то взаимосвязь значений исходной неравномерности зазоров  $S_{HO}$  в подшипниках с начальной неравномерностью  $\alpha_{HO}$  после приработки и коэффициентом  $b_H$  неравномерности интенсификации их изнашивания

$$S_{HO} = \alpha_{HO} / b_H,$$

то выражение (3) можно представить в виде

$$\Delta S_H = S_{HO} e^{b_H l} - S_{HO}. \quad (4)$$

Поскольку в формуле (4) значение  $S_H = \Delta S_H + S_{HO}$  является текущим значением неравномерности износа шатунных подшипников, то

$$S_H = S_{HO} \cdot e^{b_H l}. \quad (5)$$

Уравнение (5) свидетельствует об экспоненциальном, прогрессивном росте неравномерности зазоров в шатунных подшипниках в зависимости от их исходной неравномерности структурных параметров после этапа приработки, что и показано на рисунке 3 по экспериментальным исследованиям.

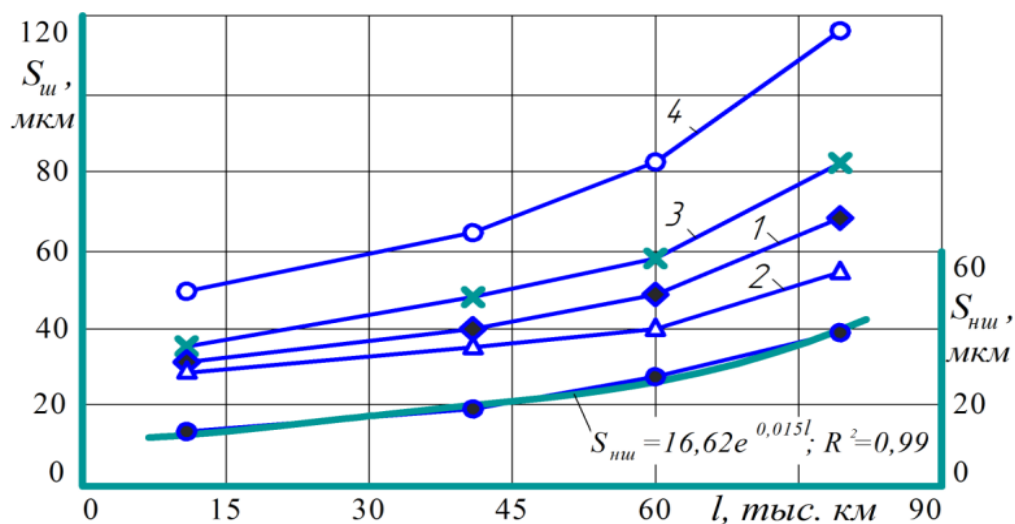


Рисунок 3. Изменение зазора  $S_{ш}$  и их неравномерности  $S_{нш}$  в шатунных подшипниках ДВС 4Ч 9,2/9,2 по пробегу  $l$  в зависимости от исходного зазора (1...4 – номера подшипника)

Неравенство зазоров в подшипниках приводит к различным условиям их смазки, что сказывается на общем ресурсе их работы. Чем больше неравномерность зазоров в подшипниках, тем меньше ресурс их работы.

В коренных подшипниках, в отличие от шатунных, значение неравномерности зазоров  $S_{но}$  на начальном этапе эксплуатации уменьшается. Это объясняется тем, что изменение технического состояния коренных подшипников функционально зависимо от неравномерности распределения нагрузок по шатунным подшипникам, поскольку результирующая сила от действия газовых и инерционных сил в КШМ от каждого шатунного подшипника передается одновременно на два соседних коренных подшипника. При наличии в них отличий в значениях зазоров (рис. 2), трибологические условия работы смежных коренных подшипников различаются.

Имеющаяся разность относительных исходных зазоров  $\Delta S$  в смежных коренных опорах, в соответствие с зависимостью (5), вызывает снижение несущей способности масляного клина в подшипнике, имеющего большее значение зазора из-за  $D_2 > D_1$  (рис. 2). Следовательно, большая часть нагрузки от шатунного подшипника передается на коренной подшипник с меньшим зазором. Появляющийся при этом прогиб коленчатого вала способствует выдавливанию масляного слоя из него. В результате условия приработки коренного подшипника, имеющего меньшее значение зазора, ухудшаются: увеличиваются интенсивность изнашивания и степень искажения геометрической формы шейки и вкладышей в виде овальности и конусности.

По этой причине в коренных подшипниках на первом этапе происходит «выравнивание» зазоров, уменьшение их неравномерности, относительно исходной до некоторого минимального её значения. Подтверждением этому служат макропрофилограммы износа коренных шеек ДВС (рис. 4), которые показывают: наибольшие износы и искажения геометрической формы произошли на шейках, первоначально имеющих меньшие значения зазоров.

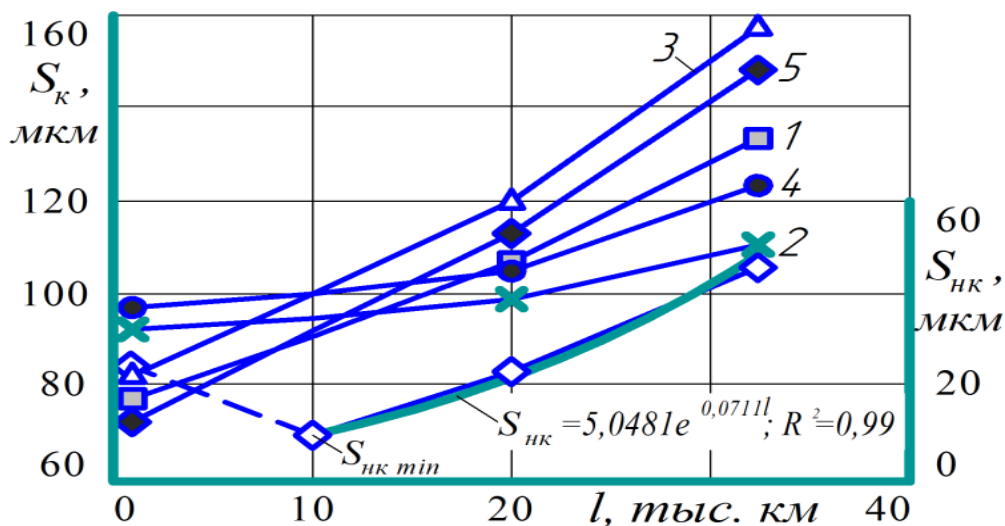


Рисунок 4. Изменение зазоров  $S_k$  в коренных подшипниках и их неравномерности  $S_{нк}$  в ДВС ЗМЗ-2401 от исходной неравномерности зазоров по пробегу  $l$  (1...5 – номера подшипников)

Указанные отличия по зависимости (5) неравномерности изнашивания коренных и шатунных подшипников относятся как к рядным, так и V-образным ДВС, свидетельством которым служат данные по двигателям ЗМЗ [4].

Выполненные разработки свидетельствует о важности минимизации начальной неравномерности значений структурных параметров и отклонений формы поверхностей в подшипниках коленчатого вала, а также рабочих процессов по цилиндрам ДВС, вызывающих различие давления  $P_{\Gamma}$  (рис. 2).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдонькин Ф.Н. Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей. М.: Транспорт, 1985. 215 с.

2. Гребенников С.А. Неравномерность изменения технического состояния элементов автомобиля: формы представления / С.А. Гребенников, А.С. Гребенников, А.В. Косарева // Мир транспорта и технологических машин, 2017. №3. – С. 9–16.

3. Назаров А.Д. Дисбалансы автотракторных двигателей: определение и нормирование / А.Д. Назаров – М.: Машиностроение. 1992. – 272 с.

4. Непомилуев В.В. Исследование возможностей повышения качества сборки путем индивидуального подбора деталей / В.В. Непомилуев, Е.А. Майорова // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2006. № 10. С. 43–46.

5. Санинский В.А. Групповая идентифицированная сборка вкладышей коренных подшипников скольжения с коренными опорами и коленчатым валом ДВС // Вестник машиностроения. 2006. № 4. С. 31–36.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЫ В МОТОРНОМ МАСЛЕ

*В.К. Корнеева, В.М. Капцевич, И.В. Закревский, Е.В. Ковалевич, В.В. Остриков*

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

**Аннотация:** предложена новая конструкция устройства для определения наличия и количества воды в моторном масле, позволившая более четко визуализировать процесс зрительного и слухового восприятия за поведением пузырьков водяного пара.

**Ключевые слова:** моторное масло, вода, электротигель, коническая вставка, визуализирующее стекло.

## IMPROVEMENT OF THE DEVICE FOR DETERMINING WATER IN ENGINE OIL

*V.K. Korneeva, V.M. Kaptevich, I.V. Zakrevsky, E.V. Kovalevich, V.V. Ostrikov*

Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Belarus

**Abstract:** предложена новая конструкция устройства для определения наличия и количества воды в моторном масле, позволившая более четко визуализировать процесс зрительного и слухового восприятия за поведением пузырьков водяного пара.

**Keywords:** моторное масло, вода, электротигель, коническая вставка, визуализирующее стекло.

Вода в моторном масле после механических примесей является вторым наиболее разрушительным загрязнителем. Вода может попадать в двигатель и моторное масло различными путями: из атмосферы через уплотнения, вентиляционные отверстия, люки резервуара и со свежим маслом; в процессе



конденсации при работе двигателя, из системы охлаждения (вместе с антифризом) из-за негерметичности или износа уплотнений.

При попадании воды в масло происходит реакция гидролиза, приводящая к разрушению присадок и образованию вредных химически агрессивных соединений. Вода также действует как катализатор, способствующий окислению масла, особенно в присутствии химически активных металлов, таких как железо, медь и свинец.

Вода в свободном или эмульгированном состоянии уменьшает смазывающую способность масла, что приводит к преждевременному износу и выходу из строя подшипников, шестерен, поршней и других деталей пар трения. Растворенная вода также может вызывать износ и отказ подшипников качения в результате водородного охрупчивания [1]. Кроме того, вода вызывает коррозию чугунных и стальных деталей.

Для определения наличия воды в моторном масле используют различные методы. Так, предварительно высушенную пробирку из теплостойкого стекла заливают 2–3 мл тщательно перемешанного масла, а пробирку нагревают на спиртовке до температуры 100–110 °С [2]. При наличии воды происходит вспенивание масла, на стенках пробирки над поверхностью масла конденсируются капли воды.

Для определения количества воды в масле также используется метод, основанный на химическом взаимодействии его с некоторыми веществами, например, гидридом кальция. По количеству выделяющегося водорода при реакции гидрида кальция с содержащейся в масле водой делают вывод о количестве воды [3]. Определить количество воды, используя данный метод, можно также измерением количества выделившейся теплоты [4].

Сравнительно прост метод определения наличия и количества воды в масле с применением фотометрии и глицерина [3]. Глицерин поглощает воду, поэтому фотометрирование пробы масла до и после смешивания с глицерином изменяет показания фотометра.

Наиболее распространенным методом обнаружения воды в масле является кулонометрическое титрование по методу Карла Фишера (KF) [5]. Анализатор

воды в масле Карла Фишера может давать очень точные и воспроизводимые результаты, если он выполняется опытным оператором, и является сравнительным методом для других аналитических методов определения воды.

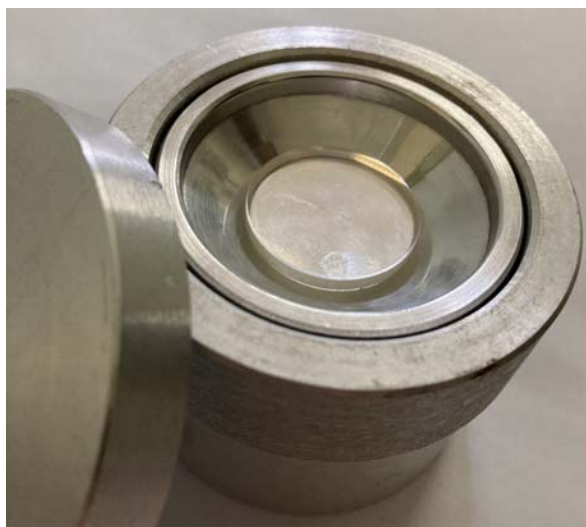
Наиболее перспективным методом измерения загрязнения воды является инфракрасная спектроскопия. Это широко используемое и общепринятое измерение без использования химикатов. В самом общем смысле спектроскопия – это исследование взаимодействия излучаемой энергии и вещества. Спектрометр состоит из источника излучения, детектора и компьютера или другого преобразователя сигнала детектора в полезную информацию. Исследуемый образец помещается между источником излучения и детектором. Вода сильно поглощает на определенной длине волны, и количество воды, содержащейся в образце масла, можно определить, проанализировав это поглощение.

Для проведения экспресс-метода наличия воды и оценки ее содержания в моторном масле нами выбран метод испытания на треск, заключающийся в нанесении 1–2 капель исследуемого масла на металлическую нагретую до температуры 160 °С поверхность и анализе поведения капли органолептическим методом (зрительное и слуховое восприятие). Если нет никаких изменений в структуре капли на нагретой поверхности в течение нескольких секунд, то в масле отсутствует свободная или эмульгированная вода. В случае образования мелких пузырей (0,5 мм), которые быстро исчезают, содержание воды составляет 0,05–0,10 %. При образовании пузырей, размер которых составляет  $\approx 2$  мм, и при перемещении к центру капли их размер увеличивается до 4 мм, содержание воды составляет 0,1–0,2 %. При содержании воды более 0,2 % образуются пузыри размером 2–3 мм, которые увеличиваются до 4 мм. Процесс образования пузырей может повториться. При большем содержании воды наблюдается сильное пузырение и треск.

Известны способы [6, 7] реализации данного метода, когда в качестве нагретой поверхности используются пластина, закрепленная на паяльнике [6], электрическая плитка с гладкой поверхностью нагрева [7] и др. Недостатками таких устройств являются: невозможность регулирования температуры в требуемом диапазоне; необходимость применения пирометра за контролем

температуры поверхности; невозможность применения в полевых условиях, т.к. требуется подключение в сеть 230 В; сложность восприятия звука треска на плоской поверхности.

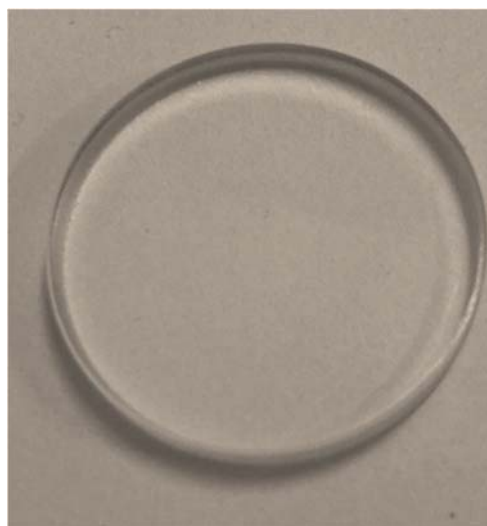
Для контроля наличия воды в моторном масле в ранее представленный электротигель [8] дополнительно устанавливаются специальные приспособления (рис. 1): цилиндрическая вставка (рис. 1, б) с внутренней полостью в виде усеченного конуса и визуализирующее стекло в виде диска (рис. 1, в), устанавливаемое на дно полости цилиндрической вставки.



а)



б)



в)

Рисунок 1. Электротигель со специальными приспособлениями для определения наличия и количества воды в ММ: а) – электротигель в сборе; б) – внешний вид вставки; в) – внешний вид визуализирующего стекла

Вставка с внутренней полостью в виде усеченного конуса работает как рупор: звуковые волны не рассеиваются во все стороны, а образуют узконаправленный пучок, за счет чего мощность звука схлопывания пузырьков водяного пара в моторном масле увеличивается, и он распространяется на большее расстояние, что может быть зафиксировано с помощью звукозаписывающих устройств (например, мобильного телефона). Дополнительная установка визуализирующего стекла на дно вставки позволяет получить информацию за счет интерференции светового потока об отсутствии пузырьков, а при их наличии наблюдать за зарождением, ростом, слиянием и схлопыванием в виде, удобном для зрительного наблюдения с одновременной фиксацией фото- и видеоизображения с помощью видеокамеры.

Для контроля наличия воды в моторном масле в электротигле располагали вставку с визуализирующим стеклом и устанавливали систему контроля и регулирования температуры на температуру  $160 \pm 5$  °С. Тщательно перемешанную пробу исследуемого чистого (неработающего) моторного масла Лукойл Авангард 10W40 наносили в количестве одной-двух капель на визуализирующее стекло и проводили наблюдение за их поведением на нагретой поверхности. Фиксацию процесса осуществляли при помощи видеокамеры (рис. 2).

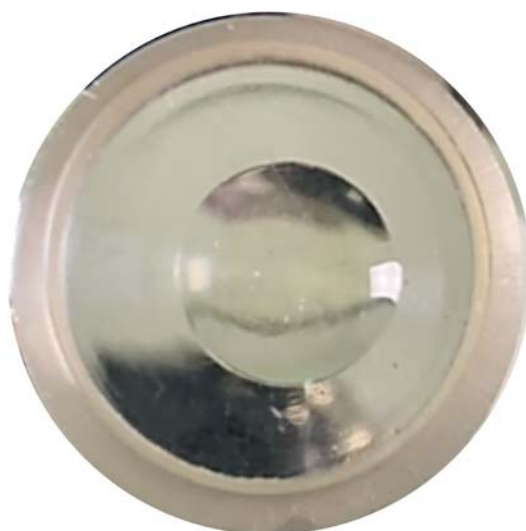


Рисунок 2. Изображение капли чистого моторного масла марки Лукойл Авангард 10W40 на визуализирующем стекле

Анализ видеонаблюдения эксперимента показал отсутствие зарождения и роста паровых пузырьков в моторном масле, что свидетельствует об отсутствии в нем воды и охлаждающей жидкости.

Для подтверждения работоспособности экспресс-теста определения наличия воды нами было проведено дополнительное исследование, заключающееся в искусственном введении воды в чистое моторное масло Лукойл Авангард 10W40 в количествах 0,1, 0,2 и 0,4 %. Результаты эксперимента представлены на рисунке 3.

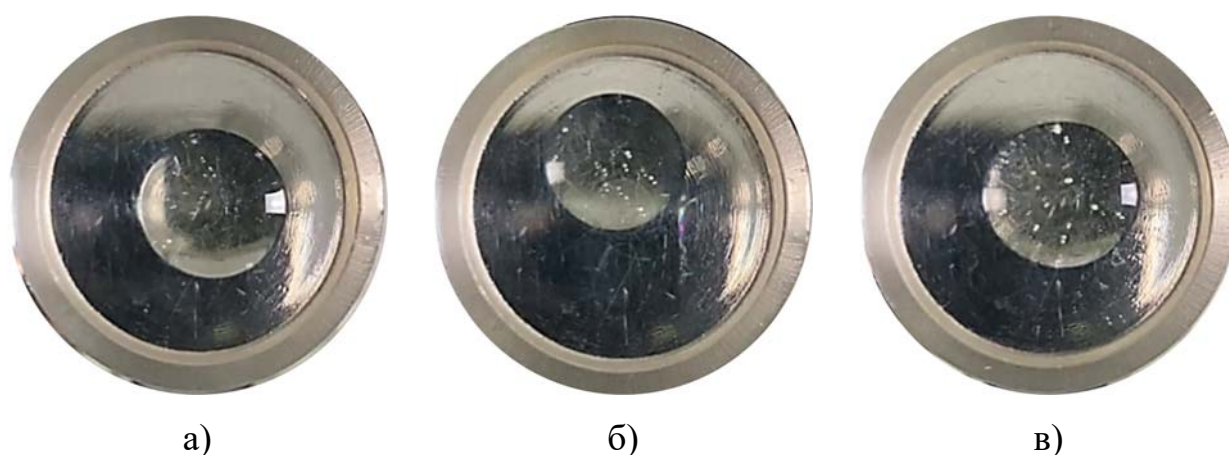


Рисунок 3. Изображения каплей моторного масла марки Лукойл Авангард 10W40 с различным количеством искусственно введенной воды:

а) – 0,1 %; б) – 0,2 %; в) – 0,4 %

Анализ процесса видеонаблюдения показал, что при введении в масло воды в количестве 0,1 % происходит образование мелких пузырей размерами порядка 0,5 мм (рис. 5, а), на видеозаписи видно, что эти пузыри быстро исчезают, при введении воды в количестве 0,2 % происходит образование более крупных пузырей размерами порядка 2 мм (рис. 5, б), на видеозаписи видно, что они перемещаются к центру капли и увеличиваются в размере, при введении воды в количестве 0,4 % происходит образование пузырей размером до 3 мм (рис. 5, в), на видеозаписи видно, что они увеличиваются в размере, процесс образования пузырей повторяется, происходит выплеск масла на стенки конической вставки, а аудиозапись фиксирует треск.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Fitch J. Oil analysis basics / J. Fitch, D. Troyer. 2 Ed. – Tulsa: Noria Corporation, 2010. – 198 p.
2. Зорин В.А. Основы работоспособности технических систем: учебник для вузов / В.А. Зорин – Москва: ООО «Магистр-Пресс», 2005. – 536 с.
3. Ковальский Б.И. Методология контроля и диагностики смазочных материалов, как элементов систем приводов многокомпонентных машин: дисс. ... д-ра техн. наук : 05.02.02 / Б.И. Ковальский. – Красноярск, 2005. – 417 л.
4. Лопатко О.П. Методика оценки противоизносных свойств рабочих жидкостей объемных гидроприводов машин / В.Б. Лопатко, В.Б. Арсенов. – Минск: Институт проблем надежности и долговечности машин АН БССР, 1978. – 47 с.
5. Standard Test Method for Determination of Water in Petroleum Products, Lubricating Oils, and Additives by Coulometric Karl Fischer Titration: ASTM D6304-20. – ASTM International, West Conshohocken, PA, 2020. – 10 p.
6. Остриков В.В. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости: учебное пособие / В.В. Остриков [и др.]. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 304 с.
7. Fitch J.C. The Lubrication Field Test and Inspection Guide / J.C. Fitch // Noria Corporation. – 2000. – 36 p.
8. Корнеева В.К. Экспресс-методы определения содержания воды и топлива в моторном масле в полевых условиях / В.К. Корнеева [и др.]. // Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях: Материалы IX Международной научно-практической конференции – ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ; Саратов: Амирит, 2022. – С. 507–511.

# ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

УДК 629.3.021

## УСЛОВИЯ РАБОТЫ ПАР ТРЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛА

*А.Ю. Барыкин*

Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского)  
федерального университета, г. Набережные Челны, Республика Татарстан

**Аннотация:** в статье рассмотрены задачи обеспечения работоспособности дифференциала колёсной машины. Приведены данные исследований рабочих процессов дифференциалов грузовых автомобилей. Рассмотрена целесообразность обеспечения рационального теплового режима узла при движении в различных условиях.

**Ключевые слова:** колёсная машина, трансмиссия, дифференциал, пара трения скольжения, сателлит, крестовина, трансмиссионное масло, коэффициент трения, коэффициент блокировки.

## OPERATING CONDITIONS OF DIFFERENTIAL FRICTION PAIRS

*A.Yu. Barykin*

Naberezhnochelninsky Institute (Branch) Kazan (Volga Region)  
Federal University, Naberezhnye Chelny, Tatarstan

**Abstract:** the article considers the tasks of ensuring the operability of the differential of a wheeled vehicle. The data of studies of the working processes of differentials of trucks are presented. The expediency of providing a rational thermal mode of the node when moving in various conditions is considered.

**Keywords:** wheeled vehicle, transmission, differential, sliding friction pair, satellite, crosspiece, transmission oil, friction coefficient, locking coefficient.

Дифференциал применяется практически во всех разновидностях транспортных и тяговых машин как средство обеспечения приемлемой управляемости. Конструкция конического симметричного дифференциала малого трения

известна давно и не претерпела существенных изменений по мере совершенствования автотранспортных средств (АТС). Такой дифференциал применяется и как межколёсный распределяющий механизм, и как межосевой – в трансмиссиях машин с колёсной формулой 4x4 и 6x4.

Конический дифференциал, несмотря на простоту конструкции, является достаточно надёжным узлом. Отказы дифференциалов, как правило, связаны с технологическими отклонениями в процессе производства и сборки, а также с чрезмерной нагруженностью в ходе эксплуатации. Например, интенсивное вращение сателлитов при большой разнице угловых скоростей ведущих колёс приводит к перегреву пар трения скольжения «сателлит–шип крестовины», «сателлит–чашка дифференциала», износу и деформации антифрикционных втулок и колец, сателлитов и крестовин (рис. 1).



Рисунок 1. Сателлит дифференциала с антифрикционной втулкой

Кроме того, существенным фактором, влияющим на долговечность и безотказность деталей дифференциала, являются природно-климатические и дорожные условия эксплуатации автомобилей. В ряде регионов России, относящихся к зонам умеренного и субарктического климата, зимние условия эксплуатации не благоприятствуют нормальной работе узлов и систем АТС [1]. Значительный перепад температур атмосферного воздуха приводит к изменению нагруженности деталей.



Как установлено в ходе наблюдений за температурной нагруженностью ведущих мостов АТС [2, 3], отказы механизмов трансмиссии могут происходить вследствие комплексного воздействия ряда факторов. К таким факторам относятся как названные выше технологические погрешности и чрезмерные отклонения от номинальных режимов эксплуатации, так и повышение хладноломкости деталей, ускорение износа из-за ухудшения смазочных свойств трансмиссионного масла, возникновение концентрации напряжений на деталях со значительными градиентами температур. Вероятность отказа узла существенно повышается при возникновении динамических нагрузок на детали вследствие как неравномерной работы двигателя и ударных нагрузок при бросках сцепления, так и вследствие движения по неровной дороге, приводящего к напряжениям и деформациям корпусных деталей. При этом, как отмечено в [3], температурные деформации деталей изменяют жёсткость узлов и могут повлиять на работу зубчатых зацеплений.

В целом работа трансмиссии затрудняется по причине повышения кинематической вязкости трансмиссионного масла и связанных с этим значительных гидравлических потерь. Причём нагрев масла в процессе движения может оказаться недостаточным для того, чтобы обеспечить рациональное тепловое состояние деталей [4, 5].

Трение в дифференциале оказывает влияние на его блокирующие свойства. Несмотря на то, что в коническом дифференциале внутреннее трение в нормальных условиях является достаточно малым, нарушение температурного режима приводит к соответствующему изменению фрикционных свойств. Коэффициент блокировки, используемый как критерий опорно-сцепной проходимости, зависит от внутреннего трения в дифференциале. В ходе исследований автомобильных дифференциалов малого трения установлено, что на их свойства и, в частности, на коэффициент блокировки, оказывают влияние динамика передаваемого крутящего момента и степень износа деталей.

Было предложено определять коэффициент блокировки конического симметричного дифференциала по известной формуле, уточнённой автором для заданных условий работы:

$$k_b = \frac{\mu \tan \alpha}{r_{psh}} \left( r_{osat} \frac{Z_{psh}}{Z_{sat}} \sin \delta + r_{opsh} \cos \delta \right) k_t k_m k_u,$$

где  $\mu$  – коэффициент трения;  $\alpha$  – угол зацепления конических зубчатых колес;  $Z_{psh}$  – число зубьев полуосевой шестерни;  $Z_{sat}$  – число зубьев сателлита;  $r_{psh}$  – средний радиус полуосевой шестерни;  $r_{osat}$  – средний радиус опорной поверхности сателлита на корпусе дифференциала;  $r_{opsh}$  – средний радиус опорной поверхности полуосевой шестерни на корпусе дифференциала;  $k_m$  – коэффициент, учитывающий влияние передаваемого крутящего момента за счет изменения давления на детали дифференциала;  $k_t$  – коэффициент, учитывающий влияние средней температуры трансмиссионного масла и рабочих поверхностей дифференциала (антифрикционных колец);  $k_u$  – коэффициент, учитывающий влияние износа рабочих поверхностей дифференциала;  $\delta$  – угол при вершине делительного конуса сателлита:

$$\delta = \tan^{-1}(Z_{sat}/Z_{psh}).$$

Целесообразность учёта перечисленных выше факторов была подтверждена сведениями о характере износа деталей конических дифференциалов грузовых автомобилей. Согласно [6], основной процент износа чашек конических дифференциалов автомобилей КАМАЗ приходился на сферические поверхности под шайбы сателлита и зубчатый венец задней чашки. Были отмечены износ и задиры на поверхности шипов крестовины.

Проведённые наблюдения теплового состояния ведущих мостов автомобилей КАМАЗ показали необходимость применения бортового подогрева узлов трансмиссии при эксплуатации в зимних условиях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Погода и климат [Электронный ресурс]: – URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/archive.php> (дата обращения 10.05.2023 г.)
2. Барыкин А.Ю. Эффективность работы узлов трансмиссии грузового автомобиля в условиях холодного климата / А.Ю. Барыкин, В.В. Лянденбургский, Р.Х. Тахавиев. – Текст: непосредственный // Грузовик. – 2018. – № 8. – С. 7–10.
3. Барыкин А.Ю. Оценка надёжности деталей ведущего моста автомобиля в условиях низких температур / А.Ю. Барыкин, В.В. Лянденбургский, Р.Х. Тахавиев, А.Д. Самигуллин. – Текст: непосредственный // Мир транспорта и технологических машин, 2022. – № 1 (76). – С. 17–23.
4. Платонов В.Ф. Полноприводные автомобили. – 2-е изд. перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1989. – 312 с. – Текст: непосредственный.
5. Анисимов И.А. Повышение эффективности использования автомобилей в низкотемпературных условиях эксплуатации / И.А. Анисимов, А.Г. Белов. – Текст: непосредственный // Материалы Всероссийского постоянно действующего семинара «Экологическая безопасность регионов России и риск от техногенных аварий и катастроф». – Пенза: ПДЗ, 2004. – С. 86–88.
6. Азаматов Р.А. Восстановление деталей автомобилей КамАЗ / Р.А. Азаматов, В.Г. Дажин, А.Т. Кулаков, А.И. Модин // Под ред. В.Г. Дажина. – Набережные Челны: КамАЗ, 1994. – 215 с. – Текст: непосредственный.

УДК 621.891

## СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ ТРЕНИЯ МАШИН В ЭКСПЛУАТАЦИИ

*Р.Н. Салахов*

Набережночелнинский институт КФУ,  
г. Набережные Челны, Республика Татарстан

**Аннотация:** в статье обосновывается актуальность проблемы повышения износостойкости деталей и узлов трения машин.

**Ключевые слова:** износостойкие покрытия коррозионно-стойкие покрытия лазерная наплавка поверхностное упрочнение.

## WAYS TO INCREASE THE WEAR RESISTANCE OF MACHINE PARTS AND FRICTION UNITS IN OPERATION

*R.N. Salakhov*

Naberezhnochelninsky Institute KFU, Naberezhnye Chelny, Tatarstan

**Abstract:** the article substantiates the relevance of the problem of increasing the wear resistance of machine parts and friction units.

**Keywords:** wear-resistant coatings corrosion-resistant coatings laser surfacing surface hardening.

Высоконагруженные детали и узлы механизмов приобретают дополнительные функциональные возможности при модификации поверхностных слоев их рабочих поверхностей концентрированными потоками энергии. Такие слои обладают существенными преимуществами по сравнению со слоями, полученными традиционными методами поверхностного упрочнения, напыления и наплавки. Методы лазерной модификации поверхности постоянно

развиваются и прогрессируют параллельно с развитием новых видов лазерных источников.

В современном машиностроительном производстве повышение ресурса работы деталей и узлов трения выпускаемой и введенной ранее в эксплуатацию техники стало важнейшей задачей. Такие детали, как валы машин, коленчатые валы выходят из эксплуатации по причине износа посадочных поверхностей. В настоящее время парк эксплуатируемого оборудования и машин имеет износ подобных узлов трения в пределах 60–80%. Технологии восстановления рабочих поверхностей позволяют продлить работоспособность машин. К таким технологиям относится восстановление рабочих размеров деталей лазерной порошковой наплавкой. Для подтверждения эффективности применения таких технологий в процессах восстановления деталей приведем такой пример. Цена замены одного ротора газоперекачивающей станции составляет в среднем 15 млн. руб., а стоимость восстановления шейки ротора лазерной наплавкой находится в пределах 100–200 тыс. руб. в зависимости от типоразмера ротора.

Лазерная наплавка применяется в случае, когда зона термического влияния должна быть локальной и минимальной. С помощью наплавки лазером в зависимости от эксплуатационных требований можно наносить на поверхность покрытия, в состав которых входят износостойкие, коррозионностойкие и другие компоненты. Это позволяет удовлетворять всё возрастающие требования современного потребителя изделий машиностроения. При эксплуатации изделий в сложных условиях, в том числе и при работе в динамическом нагружении, остро встает вопрос придания им высокой износостойкости и прочности. В процессе лазерной наплавки с коаксиальной подачей порошка транспортирующий газ формирует струю наплавляемого присадочного материала, который переплавляется под воздействием мощного лазерного излучения. На поверхности подложки возникает ванна расплава, которая после затвердевания формирует единичный наплавленный валик. Плотное покрытие большой площади получают путем наложения единичных валиков с перекрытием 30–50% от диаметра лазерного луча.

Целью работы было определение влияния состава порошкового материала и режима лазерной наплавки на прочность сцепления покрытия с материалом основы, повышение износостойкости и сопротивления усталости образцов.

Суть методики состоит в том, что цилиндрический образец из исследуемого материала с наплавленным на него в виде кольцевого пояса слоем продавливается через матрицу. При этом под действием касательных напряжений происходит срезание наплавленного слоя, а напряжение сдвига характеризует прочность сцепления наплавленного слоя с основой.

Механическая обработка и полирование наплавленного слоя существенно повышают усталостные характеристики наплавленных образцов, что было отмечено и ранее в работе. Для повышения сопротивления усталости образцов следует провести оптимизацию технологии лазерной наплавки порошковых материалов. Основным критерием оптимизации является отсутствие трещин в наплавленных слоях. После наплавки образцы подвергаются механической обработке и полированию. Подбор оптимальной технологии наплавки позволяет повысить характеристики сопротивления усталости. Применение после лазерной наплавки последующей механической обработки повышает характеристики сопротивления усталости наплавленных образцов.

Есть так же другие способы повышения износостойкости:

#### 1. Конструктивные методы повышения износостойкости.

Развитие конструкции машин происходит при постоянном стремлении к увеличению их производительности, что почти всегда сопровождается повышением механической и тепловой нагрузок подвижных сопряжений деталей. В связи с этим перед конструктором стоит задача создания новых, более современных узлов трения. В конструктивную разработку узлов трения входят:

- оценка и выбор принципиальной схемы работы узлов трения с точки зрения их влияния на износостойкость и надежность машин в целом;
- выбор материалов и сочетание их в парах трения;
- назначение размеров и конфигураций деталей с учетом местной и общей прочности;

- разработка мер по уменьшению общих и местных перегрузок;
- обеспечение нормального функционирования узлов трения в заданных условиях с помощью смазочной системы, защиты от загрязняющего действия среды, блуждающих токов и перегрева от посторонних источников тепла, воздействующих на узел в процессе работы;
- обеспечение эксплуатационной технологичности конструкции;
- защита трущихся поверхностей деталей и узлов от возможных аварийных повреждений при эксплуатации;
- разработка средств диагностирования узлов трения.

## 2. Выбор материалов для трущихся деталей.

Трущиеся детали в зависимости от назначения изготавливают из конструкционных, фрикционных, износостойких и антифрикционных материалов обширной номенклатуры. Во многих случаях на конструкционный материал наносят износостойкие покрытия, пленки и др. Из конструкционных сталей делают детали, которые должны отвечать требованиям высокой прочности, жесткости или податливости, а также иметь поверхности трения: детали типа валов, пальцев, болтов, зубчатых колес, силовых цилиндров, поршней и т.д.

Фрикционные материалы – это материалы, которые в контакте с металлической поверхностью имеют высокий, более или менее стабильный коэффициент трения. Материалы разделяются на органические (дерево, пробка, войлок), металлические (чугун, тали У6, У7, марганцевая сталь и др.), асбестокаучуковые, пластмассовые (текстолит, асбестотекстолит, фибра), спеченные из медной и железных основах.

Износостойкие – материалы, которые при трении даже в тяжелых условиях нагружения сравнительно мало изнашиваются. Конструкции: плунжерные пары, зубья ковшей экскаваторов, лемеха плугов и др.

Материалы: конструкционные стали, упрочненные по всему объему или по рабочим поверхностям, специальные стали, чугуны, спеченные металлы, резина, пластмасса и др.

Антифрикционные – подшипниковый материал, как металлический, так и неметаллический, твердость которого меньше твердости сопряженной детали. Свойства материала: достаточная статическая и динамическая прочность при повышенных температурах; способность образовывать прочный граничный слой смазочного материала и быстро восстанавливать его в местах, где он разрушен; низкий коэффициент трения при граничной смазке; высокая теплопроводность, теплоемкость, прирабатываемость; хорошая износостойкость сопряжения; не дефицитность материала и высокая технологичность.

### 3. Выбор материалов при конструировании узлов трения.

Выбор материалов представляет собой трудную задачу, несмотря на то, что практика машиностроения располагает большим опытом в этом деле. Выбор зависит:

- от конструкции и назначения узла;
- технологии производства;
- условий эксплуатации;
- от требований к общей прочности деталей;
- срока их службы и надежности при учете стоимости материала и его дефицитности;
- затрат на изготовление деталей.

Пример: сплавы, содержащие графит более износостойки, чем не содержащие графит, углеродистая сталь уступает чугунам с шаровидным графитом.

### 4. Числовые критерии работоспособности материалов в парах трения.

Проверку правильности выбора материалов пар трения и скольжения при заданных или принятых сопрягаемых размерах деталей и определение этих размеров при проектном расчете производят по некоторым критериям:

- наиболее простой способ проверки заключается в расчете по среднему давлению  $p$ . Способ пригоден для пар трения, работающих с малыми скоростями скольжения при невысоких температурах окружающей среды, и имеет целью обезопасить сочленение от возможного заедания.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григорьянц А.Г., Сафонов А.Н., Шибяев В.В. Влияние режимов порошковой наплавки на условия формирования и размеры наплавленных валиков. – Сварочное производство, 1983, № 6, с. 11–13.
2. Тескер Е.И., Гурьев В.А., Тескер С.Е. Микроструктура и свойства наплавленных лазером поверхностных слоев. – Физика и химия обработки материалов, 2004, №1, с. 38–42.
3. Бирюков В.П. Модификация поверхности с помощью лазерного излучения. – Фотоника, 2010, № 3, с. 18–21.
4. Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н., Мисюров А.И. Технологические процессы лазерной обработки: Учебное пособие для вузов / Под ред. А.Г. Григорьянца. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006.
5. Бирюков В.П. Повышение долговечности работы пар трения скольжения при лазерной наплавке порошковых материалов. – Тяжелое машиностроение, 2013, №9, с. 14–17.
6. Бирюков В.П., Лаптева В.Г., Хренникова И.А. и др. Восстановление лазерной наплавкой работоспособности пары трения вал – вкладыш подшипника скольжения. – Проблемы машиностроения и надежности машин, 2013, №5, с.91– 95.
7. Методы и средства упрочнения поверхностей деталей машин концентрированными потоками энергии / Под ред. А.П. Гусенкова. – М: Наука, 1992.
8. Архипов В.Е., Биргер Е.М., Поляков А.Н. Влияние лазерной наплавки на сопротивление усталости и износостойкость стали 45. – МиТОМ, 1988, №1, с. 55–58.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ПОВЕРХНОСТНОЙ ПЛЕНКИ СФОРМИРОВАННОЙ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ДОБАВКИ КЛАСТЕР-В

*К.В. Сафонов*

ООО «Мировая техника», г. Саратов, Россия

*С.А. Шишурин, В.В. Сафонов*

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

*В.В. Остриков*

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

**Аннотация:** ресурс двигателя во многом зависит от качества применяемого масла, которое в свою очередь определяется количеством и свойствами функциональных присадок и добавок к нему. В работе представлены результаты противозносных испытаний эксплуатационно-восстановительной добавки Кластер-В, а также морфология поверхности трения образца, сформированная под действием смазочной композиции, состоящей из моторного масла Лукойл 15W40 и разработанной добавки. В таблице указаны химические элементы, присутствующие в поверхностном слое образцов трения. Их анализ показал, что наряду с основным химическим элементом – Fe, содержащимся в материале, из которого изготовлены образцы трения, находятся также компоненты, применяемые в качестве порошкообразных добавок, что указывает на их участие в формировании поверхностной пленки трущихся образцов.

**Ключевые слова:** долговечность, ультра- и нанодобавки в масло, трибологические свойства, морфология, химические элементы, образцы трения, износ, поверхностный слой, моторное масло.

## INVESTIGATION OF THE COMPOSITION OF THE SURFACE FILM FORMED UNDER THE ACTION OF THE «CLUSTER-B» ADDITIVE

*K.V. Safonov*

Mirovaya Tekhnika LLC, Saratov, Russia

*S.A. Shishurin, V.V. Safonov*

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

*V.V. Ostrikov*

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

**Abstract:** the engine life largely depends on the quality of the oil used, which in turn is determined by the number and properties of functional additives and additives to it. The paper presents the results of anti-wear tests of the Cluster-B operational recovery additive, as well as the morphology of the friction surface of the sample formed under the action of a lubricating composition consisting of Lukoil 15W40 engine oil and the developed additive. The table shows the chemical elements present in the surface layer of the friction samples. Their analysis showed that along with the main chemical element – Fe, contained in the material from which the friction samples are made, there are also components used as powdered additives, which indicates their participation in the formation of the surface film of the rubbing samples.

**Keywords:** durability, ultra- and nano-additives in oil, tribological properties, morphology, chemical elements, friction patterns, wear, surface layer, engine oil.

Ресурс двигателя во многом зависит от качества применяемого масла, которое в свою очередь определяется количеством и свойствами функциональных присадок и добавок к нему.

Особые условия работы силового агрегата проявляются на режимах пуска и остановки. В эти периоды достаточно длительное время основные детали двигателя – цилиндропоршневая группа, подшипники коленчатого и особенно распределительного валов работают "всухую".

Научно-технический прогресс конца XX–начала XXI века привёл к тому, что научные исследования, связанные с созданием и эффективным использованием наноматериалов, охватили большинство сфер деятельности человека, в том числе материаловедение, энергетику, машиностроение, сельское хозяйство и т.д. [1, 2].

Один из направлений использования ультра и наноразмерных порошкообразных материалов является решения задач борьбы с трением и износом, а также увеличения ресурса двигателей. В настоящий момент широкое распространение получили эксплуатационно-восстановительные добавки на основе ультра и наноразмерных порошкообразных материалов (УНПМ) [3, 4, 5, 6].

В Вавиловском университете на кафедре «Техническое обеспечение АПК» на протяжении ряда лет проводятся трибологические исследования УНПМ цветных металлов их сплавов и легированных соединений.

Проведенные лабораторные исследования показали, что применение наноразмерного порошка (НРП) латуни Л60, а также латуни легированной серой и фосфором значительно снижает интенсивность изнашивания трущихся поверхностей, а при продолжительных испытаниях приводит к увеличению массы деталей, т.е. ее восстановлению. НРП латуни получен методом плазменной переконденсации, основанный на испарении крупнодисперсного порошка (сырья) или прутка основного металла в плазменном потоке с температурой 5000-6000<sup>0</sup>С и конденсации пара до наноразмерной величины. Полученные таким образом частицы характеризовались следующими параметрами: размер частиц – 0,01...0,03 мкм, удельная поверхность – 100...150 м<sup>2</sup>/г [7].

Для повышения эффективности разработанной смазочной композиции за счет улучшения антифрикционных свойств, предлагается добавить в масло ультрадисперсный порошок полититаната калия, снижающий момент силы трения между трущимися поверхностями деталей.

Полититанаты калия (ПТК) – соединения с общей химической формулой  $K_2O \cdot nTiO_2$ , которые представляют собой новый вид функциональных материалов, используемых в различных направлениях техники, в том числе и в смазочных материалах [8].

В результате был разработан состав эксплуатационно-восстановительной добавки “Кластер-В” к моторному маслу. Проведенный комплекс лабораторных трибологических исследований показал эффективность данного препарата [9, 10].

Разработанную смазочную композицию “Кластер-В” сравнивали с моторным маслом Лукой 15W40. Сравнительные трибологические испытания проводили на машине трения СМЦ-2 при следующих условиях: нагрузка 1,5 кН, частота вращения 500 мин<sup>-1</sup>, продолжительность испытания 3 ч.

Трибологические свойства испытуемых составов исследовали с использованием модельной пары трения "ролик–колодка", позволяющей имитировать работу ресурсоопределяющего трибосопряжения ДВС – "поршневое кольцо–гильза". Элементы модельного трибосопряжения изготавливали из серого чугуна СЧ-25 (ГОСТ 1412-85) одной плавки.

Эффективность разработанной УНРП добавки оценивали по значению износа колодок образцов трения. Износ определяли весовым методом на аналитических весах HR-250 AZG.

По результатам лабораторных испытаний построена гистограмма износа колодок построена гистограмма, представленная на рисунке 1.

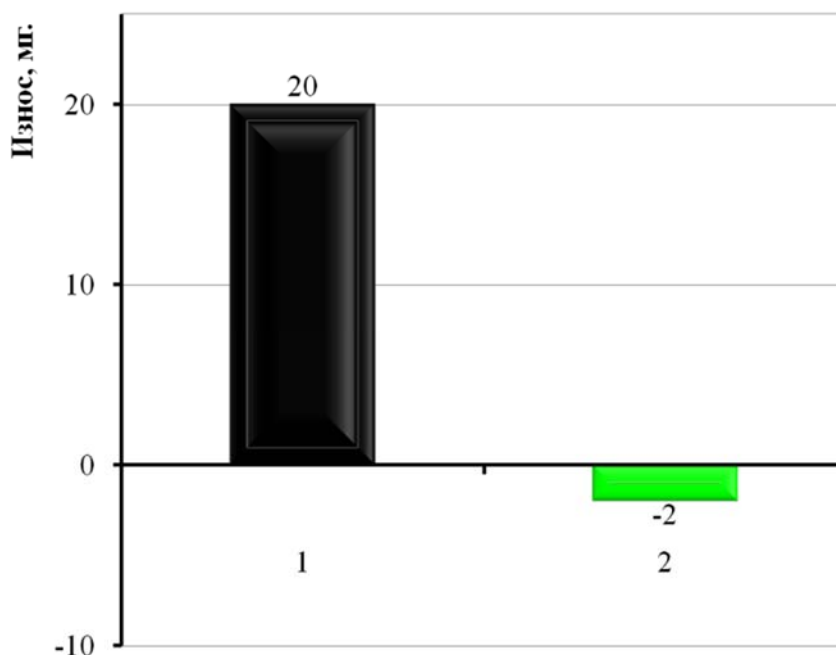


Рисунок 1. Износ колодок, работавших на смазочных материалах: 1 – Лукойл 15W40; 2 – Лукойл 15W40 + "Кластер-В"

Из анализа данной гистограммы, можно сделать вывод, что использование разработанной добавки "Кластер-В" в моторное масло Лукойл 15W40 позволяет не только существенно улучшить его противоизносные свойства, но и позволяет реализовать восстановительный эффект. Так в результате работы пары трения "ролик-колодка" в течение 3 ч с использованием в качестве смазочной среды моторного масла Лукойл 15W40 с добавлением разработанной добавки "Кластер-В" обеспечивает прирост массы колодок в среднем на 2 мг.

Изучение морфологии и химического элементного состава поверхности трения образцов, сформированной под действием предлагаемого состава эксплуатационно-восстановительной добавки проводили в лаборатории диагностики наноматериалов и структур Образовательного-научного института наноструктур и биосистем Саратовского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского с использованием автоэмиссионного сканирующего электронного микроскопа MIRA 2 LMU, производство фирмы Tescan, оснащенного системой энергодисперсионного микроанализа INCA Energy 350.

В результате проведенных исследований получены изображения морфологии поверхности во вторичных (SE) электронах (рисунок 2).

Из представленного снимка морфологии поверхностей трения образца, сформированного под действием разработанной добавки к моторному маслу, видно, что она имеет сглаженный рельеф и минимальное количество рисок и впадин.

Анализ химических элементов, присутствующих в поверхностном слое образца, говорит о неравномерном их распределении (см. таблицу). В местах поверхностных дефектов их концентрации выше, чем других местах, а точках непосредственного контакта трущихся образцов они отсутствуют или их содержание минимально.

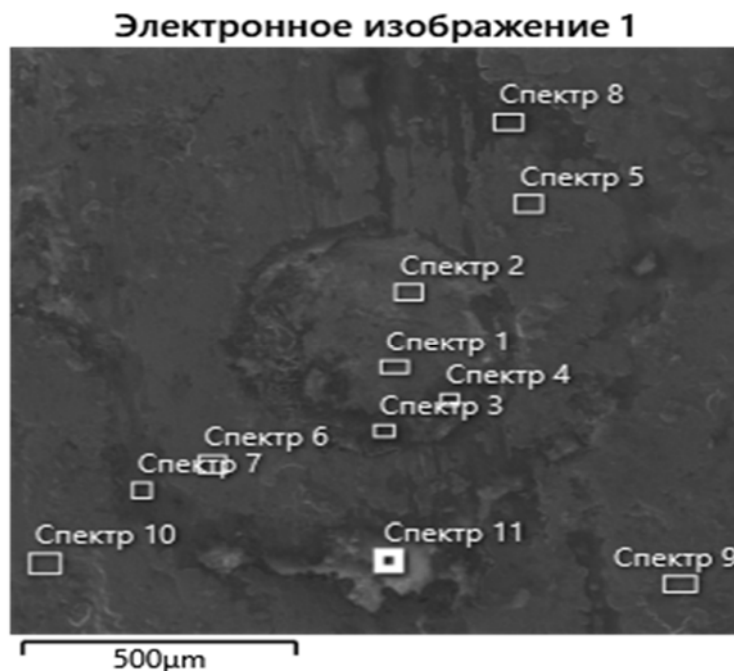


Рисунок 2. Морфология поверхностной пленки образца трения сформированной за счет добавки «Кластер-В»

Таблица – Содержание химических элементов в поверхностном слое образца

Метка спектра	Спектр 1	Спектр 2	Спектр 3	Спектр 4	Спектр 5	Спектр 6	Спектр 7	Спектр 8	Спектр 9	Спектр 10	Спектр 11
С	16.68	18.10	28.83	38.21	10.39	12.39	25.31	26.16	29.17	30.44	30.08
О	8.88	8.05	14.00	16.10	7.51	6.27	14.14	15.10	19.79	25.34	17.21
Si	0.15	0.21			1.65	1.49			0.33	0.61	
Р			7.33	6.81	0.55	0.33	5.51	7.28	2.17	1.07	8.02
S	0.44	0.37	5.99	5.73	1.48	0.74	7.08	7.13	6.55	2.63	6.42
К	0.20	0.13	0.04	0.00	0.13	0.12			0.11	0.32	
Ti	0.55	0.66	0.06		0.87	1.18			1.43	2.55	
Fe	1.10	0.84	3.10	2.58	71.64	74.87	9.26	9.24	6.68	14.38	3.61
Cu	57.00	59.51	32.61	25.20	4.66	2.09	33.91	28.85	27.18	18.04	26.77
Zn	15.01	12.14	8.04	5.38	1.11	0.53	4.78	6.24	6.59	4.64	7.88
Всего	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Из таблицы видно, что наряду с основным химическим элементом – Fe, содержащемся в материале, из которого изготовлен образец трения выявлены также компоненты применяемых в смазочных материалах в качестве порошкообразных добавок, что указывает на их участие в формировании рабочих поверхностей образцов трения.

Результаты анализа морфологии поверхностей трения подтверждают данные испытаний на износостойкость образцов, что наиболее эффективной является смазочная композиция, приготовленная с использованием добавок, содержащих ультрапорошки ПТК интеркалированные Zn, а также нанопорошка легированной латуни Л-60. Они способствуют модификации поверхностного слоя трущихся деталей компонентами добавок. В результате поверхностный слой приобретает лучшие противоизносные свойства по сравнению с базовым маслом Лукойл 15W40.

Механизм действия предлагаемой добавки основан, во-первых, на способности ультра-наноразмерного порошка легированной латуни заполнять микровпадины и микродефекты трущихся поверхностей, увеличивая тем самым фактическую площадь контакта. При попадании частиц в область фактического контакта трущихся тел за счет высоких локальных температур происходит их разложение и взаимодействие с компонентами смазочной среды и поверхностью трения. Это приводит к образованию не сплошной и неоднородной по толщине пленки, позволяющей “залечить” поверхностные дефекты и создать гладкую поверхность трения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Черноиванов В.И. Наноматериалы в техническом сервисе сельскохозяйственных машин. – Челябинск-Москва, ГОСНИТИ, 2010 – 67 с.
2. Федоренко В.Ф. Нанотехнологии и наноматериалы в агропромышленном комплексе. – Москва: Росинформагротех, 2007. – 96 с.

3. Остриков В.В., Зимин А.Г., Попов С.Ю., Сафонов В.В. / Многофункциональная добавка к моторным маслам // Двигателестроение, № 2 (256), – 2014. – С. 32–35.

4. Остриков В.В., Зимин А.Г., Попов С.Ю. Повышение эффективности действия ремонтно-восстановительных составов // Наука в центральной России. 2013. № 5. С. 30–35.

5. Зимин А.Г., Попов С.Ю., Остриков В.В., Сафонов В.В. Повышение эффективности и расширение функциональных свойств ремонтно-восстановительного состава // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 5. С. 42–44.

6. Балабанов В.И. Безразборное восстановление трущихся соединений автомобиля. Методы и средства. – Москва: АСТ, Астрель, 2003. – 280 с.

7. Мелешко В.Ю., Карелин В.А., Павловец Г.Я., Малашин С.И., Добринский Э.К., Красюков Е.А. / Способ получения ультрадисперсного порошка и устройство для его осуществления // Патент РФ № 2238174. Оpubл. 10.02.2004. Бюл. №12.

8. Гороховский А.В., Палагин А.И., Сафонов В.В., Азаров А.С., Третьяченко Е.В., Сафонов К.В. / Порошок титаната калия и смазочная композиция на его основе // Патент РФ № 2493104. Оpubл. 20.09.2013. Бюл. №22.

9. Пат. 2123030 Российская Федерация, МПК<sup>6</sup> С10М 125/00, С10М 125:04, С10М 125:22, С10М 125:24, С10N 30:06. Смазочная композиция / Сафонов В.В., Добринский Э.К., Буйлов В.Н., Семин А.Г., Митюшкин А.А., Венскайтис В.В.; заявитель и патентообладатель – № 97116529/04; заявл. 07.10.1997; опубл. 10.12.1998, Бюл. № 34. – 5 с.

10. Добринский Э.К., Сафонов В.В., Гороховский А.В., Буйлов В.Н., Сафонов К.В., Галкин А.А. Смазочная композиция // Патент РФ № 2525238 Оpubл. 10.08.2014. Бюл. № 22.



**ЦЕНТРИФУГА С ВИХРЕВЫМ ГИДРОПРИВОДОМ:  
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ  
И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ**

*А.В. Снежко, В.А. Снежко*

Азово-Черноморский инженерный институт  
ФГБОУ ВО «Донской ГАУ», г. Зерноград, Россия

**Аннотация:** в статье рассматриваются перспективы совершенствования центрифуги с вихревым гидроприводом. Предлагаются три варианта центрифуги, отличающиеся от ее базовой конструктивной схемы и обеспечивающие повышение сепарационной эффективности, автономности размещения центрифуги в составе агрегатов и расширения области ее возможного применения. Описываемые конструкции защищены тремя патентами.

**Ключевые слова:** гидросистема, центрифуга, ротор, вихревой гидропривод, вихревая камера, рабочее колесо турбины, струйный насос.

**CENTRIFUGE WITH VORTEX HYDRAULIC DRIVE:  
DESIGN IMPROVEMENT AND APPLICATION PROSPECTS**

*A.V. Snezhko, V.A. Snezhko*

Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of  
FSBEI HE «Don State Agrarian University» in Zernograd, Russia

**Abstract:** the article discusses the prospects for improving the centrifuge with a vortex hydraulic drive. Three variants of the centrifuge are proposed, which differ from its basic design scheme and provide an increase in separation efficiency, the autonomy of the placement of the centrifuge in the composition of aggregates and the expansion of its possible application. The described designs are protected by three patents.

**Keywords:** hydraulic system, centrifuge, rotor, vortex hydraulic drive, vortex chamber, turbine impeller, jet pump.

Теоретические и экспериментальные исследования центрифуги с вихревым приводом [1, 2, 3] показали перспективность такой конструкции. По ряду параметров она превосходит центробежные очистители с другими типами гидроприводов и во многих случаях может стать их удачной альтернативой.

Вместе с тем, эта центрифуга обладает и рядом недостатков, ограничивающих область ее возможного применения. Однако они могут быть устранены внесением конструктивных изменений в исходную схему [4]. Покажем несколько вариантов таких изменений.

1. Центрифуга с вихревым приводом и регулируемым расходом очищаемой жидкости [5].

Одной из особенностей вихревого гидропривода является довольно высокий расход жидкости  $Q$  в нем, а, следовательно, и через ротор. Вследствие этого неизбежно снижается сепарационная эффективность центрифуги. Улучшить ее можно, увеличив время пребывания частиц загрязнений в центробежном поле ротора, например, путём снижения расхода проходящей через него жидкости –  $Q_c$ . Однако при этом расход на привод  $Q$  должен оставаться достаточно большим, чтобы обеспечить высокую скорость вращения. На рисунке 1 представлена схема центрифуги, в которой реализована такая возможность.

Здесь поток очищаемой жидкости  $Q$ , нагнетаемый в вихревую камеру привода 1, на выходе из рабочего колеса 3 разделяется. Большая его часть через радиальные каналы отводится в центральный канал нижнего шипа ротора 4 и сбрасывается обратно в заборную ёмкость. Другая часть потока  $Q_c$  поступает в сепарирующую полость ротора, где собственно очищается и выводится через его верхнюю опору 7. Причем расход очищаемой жидкости  $Q_c$  может изменяться дросселем 8. Тем самым можно регулировать тонкость очистки и производительность центрифуги в зависимости от технологических требований. В то же время расход жидкости на входе в центрифугу  $Q$  (в вихревом гидроприводе) может задаваться в соответствии с условиями обеспечения высокой скорости вращения ротора.

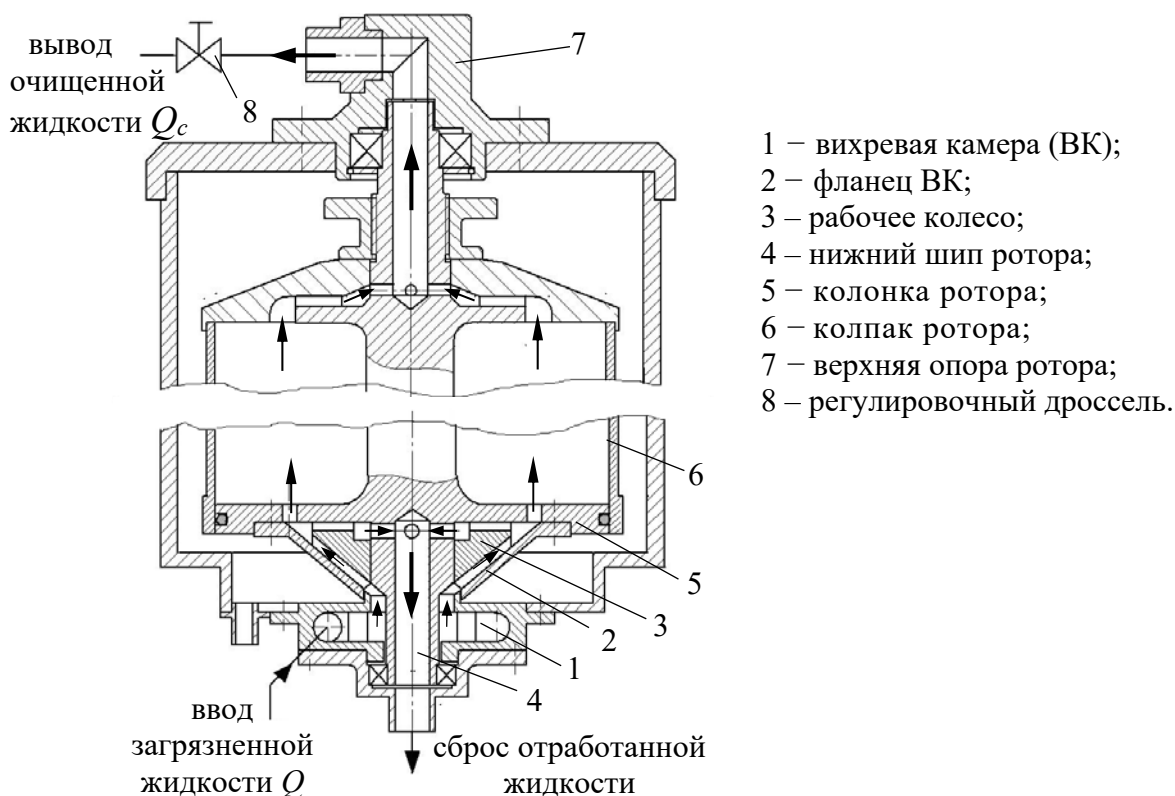


Рисунок 1. Схема центрифуги с вихревым гидроприводом и регулируемым потоком очищаемой жидкости

Возможность обеспечить высокую тонкость очистки такой центрифугой имеет значение для ряда технологических процессов. Например, это выделение нерастворенной воды из жидкостей на нефтяной основе (керосин, дизтопливо, трансформаторное масло и др.). Очистка таких жидкостей от воды в центробежном поле сопряжена с большими трудностями по причине малой разности плотностей очищаемой среды (порядка  $900 \text{ кг/м}^3$ ) и воды. В силу этого для осаждения капель воды необходима достаточно высокая скорость вращения ротора центрифуги и продолжительное время сепарации (т.е. пребывания частиц в роторе).

2. Центрифуга с вихревым приводом и независимым автономным расположением [6].

Еще одним недостатком центрифуги с вихревым приводом является необходимость отвода из ее корпуса жидкости, накапливающейся из-за утечек через цилиндрические уплотнения ротора с направляющим аппаратом гидропривода и его опорами. Таким образом, положение центрифуги в пространстве

вынужденно привязано к ёмкости, куда сливается эта жидкость, причем центрифуга должна располагаться выше нее.

Одним из возможных вариантов решения этой проблемы является принудительное удаление накапливаемой жидкости с помощью специального насоса – струйного типа, не содержащего подвижных частей и использующего для своей работы энергию самой жидкости.

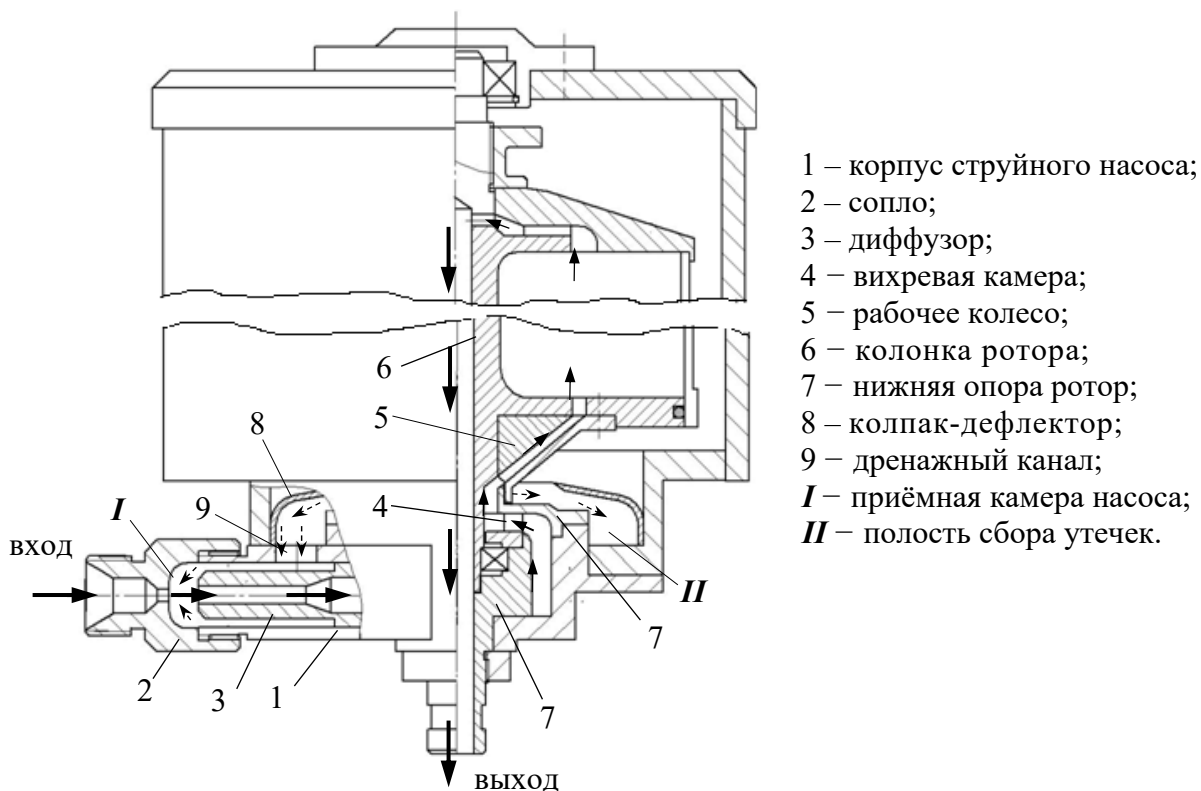


Рисунок 2. Схема центрифуги с вихревым приводом и независимым автономным расположением

В таком случае (рис. 2) поток жидкости, нагнетаемый к центрифуге, сначала пропускается через струйный насос 1 (его сопло 2, диффузор 3), затем поступает в вихревой гидропривод (вихревую камеру 4, рабочее колесо 5) и далее в полость ротора. Из ротора очищенный поток выводится через центральный канал колонки 6 и нижнюю его опору 7.

Утечки загрязненной жидкости через бесконтактное цилиндрическое уплотнение турбинной ступени при вращении ротора отбрасываются на периферию и благодаря колпаку-дефлектору 8 концентрируются в полости II корпу-

са центрифуги. Поскольку эта полость соединена дренажным каналом 9 с приёмной камерой I струйного насоса, то происходит принудительное откачивание этих утечек и направление их в составе основного потока обратно в направляющий аппарат гидропривода. Таким образом, наличие колпака-дефлектора 8 предотвращает разбрызгивание жидкости во внутренней полости корпуса центрифуги, попадание ее на ротор и, тем самым, оказание дополнительного сопротивления его вращению.

Этот очиститель может включаться в магистраль гидросистемы машины фактически как традиционный полнопоточный фильтр: имея напорный вход загрязненной жидкости и выход очищенной также под давлением. Таким образом, расположение этой центрифуги в пространстве, ее компоновка по отношению к обслуживаемому агрегату или технической системе практически ничем не ограничены.

Это расширяет сферу возможного применения центрифуги. Так, ее можно использовать в установках по перекачке жидкости из одной ёмкости в другую с различной целью и одновременной ее очисткой, например, в передвижных агрегатах для очистки жидкости в гидросистемах самолетов.

Центрифугу с независимым автономным расположением также рационально применять и для очистки моторных масел в двигателях внутреннего сгорания больших объемов. При этом она может быть установлена даже на некотором удалении от двигателя и соединена с ним рукавами. Это может оказаться удобным для двигателей мощных машин, используемых в горнодобывающей промышленности, стационарных электрогенераторных установок, локомотивов, судов.

3. Центрифуга с верхним расположением вихревого гидропривода и открытым корпусом [7].

Центрифуги с вихревым приводом могут найти удачное применение в гидросистемах сельскохозяйственных машин, тракторов, дорожной, строительной и горнодобывающей техники. Практически во всех гидросистемах очистка масла выполняется фильтрами, установленными на сливе в бак. При этом обычно фильтр располагается либо на баке, либо непосредственно в нем.

Давление жидкости в сливной магистрали перед фильтром небольшое и составляет порядка 1,5...2,5 бар. Поэтому продолжительность работы фильтра до его критического загрязнения и соответственно начала срабатывания перепускного клапана весьма ограничена. Фактически это исключает возможность использования в гидросистеме фильтров тонкой очистки. Обычно величина задерживаемых частиц загрязнений составляет более 25 мкм. Это достаточно грубая степень очистки, которая может вызвать преждевременный выход из строя прецизионных деталей агрегатов гидросистем. Улучшение тонкости очистки в данном случае можно осуществить заменой фильтров центрифугами с вихревым приводом, в которых даже при сравнительно малом давлении на входе, но достаточном расходе жидкости можно получить высокую скорость вращения ротора. На рисунке 3 представлена схема такой центрифуги с верхним подводом очищаемой жидкости.

Ее отличительной особенностью является то, что аппарат привода располагается над ротором. Очищаемая жидкость под давлением подаётся через штуцер 1 и систему отверстий в опорной пластине 2 к вихревой камере 3 направляющего аппарата, затем в рабочее колесо турбины 4 и сепарирующую полость ротора, двигаясь сверху – вниз. Очищенная в центробежном поле жидкость сливается из центрального канала колонки 6 ротора вниз непосредственно в бак.

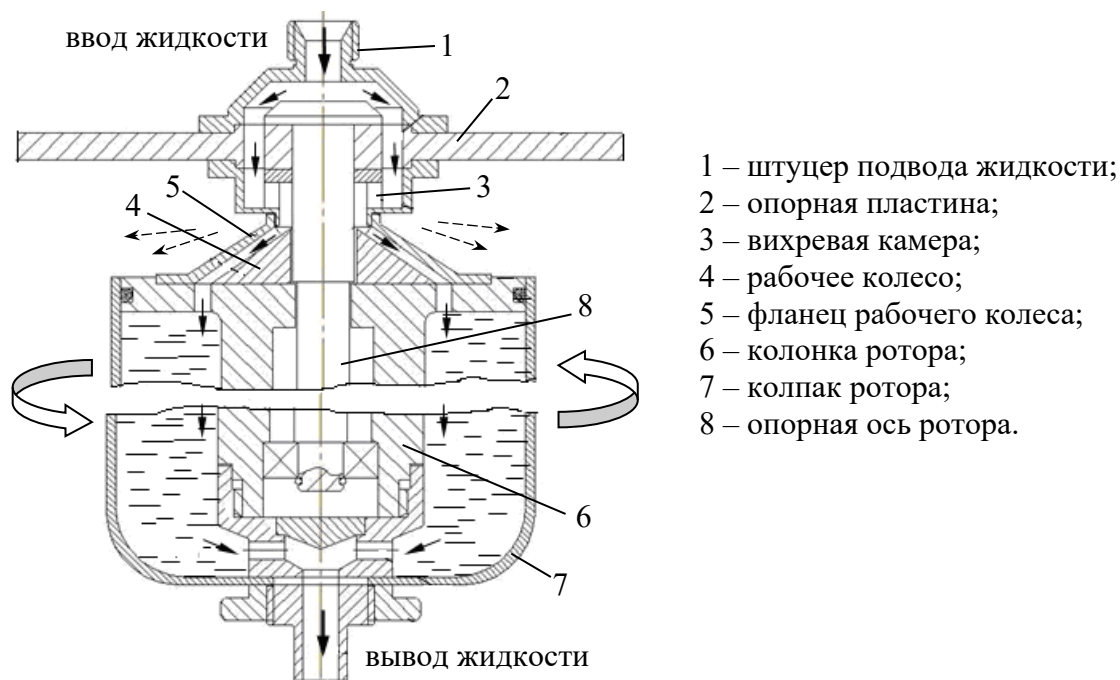


Рисунок 3. Схема центрифуги с вихревым приводом и верхним подводом жидкости

Эта центрифуга в отличие от традиционных конструкций не имеет колпака корпуса. Благодаря этому утечки жидкости через цилиндрическое уплотнение турбинной ступени – между вихревой камерой 3 и коническим фланцем рабочего колеса 5 выбрасываются сразу в свободное пространство бака, в котором центрифуга может быть установлена (рис. 4). В этом случае они не попадают на ротор, не создают воздушно-капельной среды в околороторном пространстве и, следовательно, не оказывают дополнительного сопротивления его вращению.

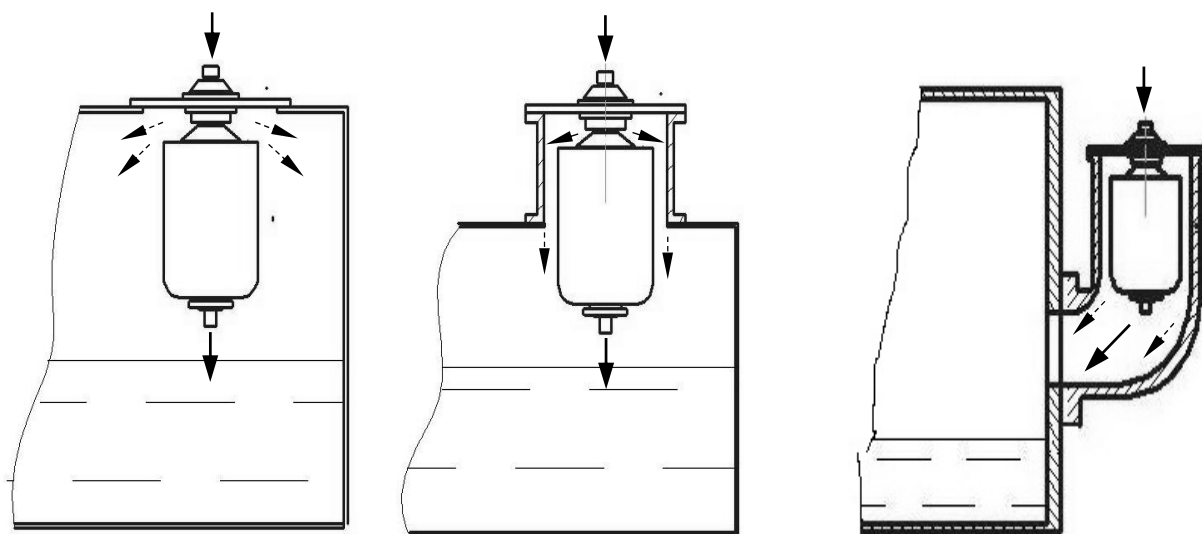


Рисунок 4. Варианты монтажа на гидробаке центрифуги с вихревым приводом и верхним подводом жидкости

Этот вариант центрифуг может быть применен не только в гидросистемах машин, но и в системах смазки двигателей внутреннего сгорания, трансмиссий, в стационарных установках по очистке отработанных масел и т.п.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Снежко А.В. Методика расчета параметров вихревой камеры активного гидропривода маслоочистительных центрифуг / А.В. Снежко, В.А. Снежко, А.В. Асатурян // Вестник аграрной науки Дона, 2021. – № 2(54). – С. 13–21.

2. Снежко А.В. Оптимизация параметров вихревого привода центрифуги двигателей семейства Д-240 / А.В. Снежко, В.А. Снежко // Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники: Материалы Международной научно-технической конференции имени В.В. Михайлова. – Вып. 35. – Саратов : ООО «Амирит», 2022. – С 24–30.

3. Снежко А.В. Совершенствование очистки автотракторных масел центрифугой с внутренним гидроприводом: дис. ...канд. техн. наук / А.В. Снежко. – зерноград: АЧГАА, 2000. – 152 с.

4. Пат. RU 2725791 С1, МПК В04В 1/02, В04В 3/00, В04В 9/06. Полнопоточная центрифуга с вихревым приводом / Снежко А.В., Снежко В.А. – Заявка 2019135898; Заявлено 7.11.2019; Опубликовано 06.07.2020 // Бюл. №19.

5. Пат. RU 2758406 С1, МПК В04В 1/00, В04В 1/06, В04В 9/06 Центрифуга с вихревым приводом и регулируемым потоком очищаемой жидкости / Снежко А.В., Снежко В.А. Заявка 2020141275; Заявлено 14.12.2020; Опубликовано 28.10.2021 // Бюл. № 31.

6. Пат. RU 2772339 С1, МПК В04В 1/02, В04В 3/00, В04В 9/06 Полнопоточная центрифуга с вихревым приводом и независимым автономным расположением / Снежко А.В., Снежко В.А. – Заявка 20211062575; Заявлено 10.03.2021; Опубликовано 18.05.2022 // Бюл. №14.

7. Пат. RU 2786627 С1, МПК В04В 9/14; В04В 1/02; В04В 3/00. Центрифуга с верхним расположением вихревого гидропривода и открытым корпусом / Снежко А.В., Снежко В.А. – Заявка 2022124704; Заявлено 19.09.2022; Опубликовано 22.12.2022 // Бюл. № 36.



# НОВЫЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ

УДК 621.8

## МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ. АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

*А.А. Рукавишников, А.Н. Колесникова*

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

**Аннотация:** в статье представлен теоретический обзор основных направлений инновационного машиностроения и проектирования. В качестве приоритетной отрасли для анализа было выбрано аддитивное производство. Во введении рассмотрены основные материалы для аддитивного производства, а также их характеристики и свойства. Основная часть работы включает в себя сравнительный анализ аддитивного производства и традиционного способа производства деталей с помощью матриц. Рассмотрена экономическая эффективность применения аддитивных технологий на производстве.

**Ключевые слова:** машиностроительное производство и материалы, аддитивное производство, инновационное производство.

## MATERIALS FOR MECHANICAL ENGINEERING. ADDITIVE TECHNOLOGIES IN MECHANICAL ENGINEERING

*A.A. Rukavishnikov, A.N. Kolesnikova*

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

**Abstract:** the article presents a theoretical overview of the main directions of innovative engineering and design. Additive manufacturing was chosen as a priority industry for analysis. The introduction discusses the main materials for additive manufacturing, as well as their characteristics and properties. The main part of the work includes a comparative analysis of additive manufacturing and the traditional method of manufacturing parts using matrices. The economic efficiency of the use of additive technologies in production is considered.

**Keywords:** machine-building production and materials, additive manufacturing, innovative production.

Современный машиностроительный сектор тесно связан с развитием новых технологий и разработкой новых материалов. Широкий спектр инновационных материалов находит широкое применение в различных отраслях машиностроения.

Основным инновационным направлением в области материалов для машиностроения и технологий их получения является аддитивное производство.

Аддитивное производство (3D-печать) – это новая технология, которая позволяет создавать тонкие слои материала, чтобы создать сложные 3D-продукты. Это снижает стоимость производства и ускоряет процесс разработки.

Производственный процесс начинается с создания цифровой модели в специальном программном обеспечении. Модель разбивается на слои, которые поочередно создаются на 3D-принтере. Каждый следующий слой складывается на предыдущий, пока не будет создан трехмерный объект полной формы.

Аддитивное производство позволяет создавать объекты с любой формой и сложной геометрией, что традиционные методы производства не могут обеспечить.

Рассмотрим материалы в зависимости от типа используемого принтера:

FDM/FFF: печать при помощи недорогих ABS, PLA или Nylon-пластиков (рис. 1);

DLP/SLA/SLS: использование недорогих и прочных фотополимеров (смола).



Рисунок 1. Пример внешнего вида ABS, PLA или Nylon-пластиков

Для печати деталей, которые будут установлены в подкапотное пространство, лучше использовать Nylon. Он выдерживает высокую температуру и обладает высокой прочностью. Для внешнего усовершенствования, а также части внутренней отделки можно эффективно использовать ABS или PLA.

Металлический аэрогель – это легкий и прочный материал, который состоит из металлических наночастиц, распределенных равномерно в структуре из силикона или карбида кремния (рис. 2).

Аэрогели относятся к классу мезопористых материалов, в которых полости занимают около 95–99,8 % объёма, а плотность составляет от 1 до 150 кг/м<sup>3</sup>. По структуре аэрогели представляют собой древовидную сеть из объединённых в кластеры наночастиц размером 2–5 нм и пор размерами до 100 нм.



Рисунок 2. Аэрогель

Они имеют очень низкую плотность, сравнимую с воздухом, что делает их одним из самых легких твердых материалов, известных науке.

Металлический аэрогель обладает высокой тепловой и электрической проводимостью, а также хорошими механическими свойствами.

Углеродные нанотрубки – это одномерные структуры, состоящие из углерода, имеющие форму тонких цилиндров. Они могут иметь различный диаметр и длину, а также могут быть изменены для использования в различных областях науки и техники.

УНТ обладают рядом уникальных свойств, таких как высокая прочность, низкая плотность, хорошая теплопроводность и электропроводность. Их помещение в матрицу композита повышает прочность материала.

Как правило, углеродные нанотрубки получают термическим распылением графитового электрода в плазме дугового разряда в атмосфере гелия. Катодный осадок содержит нанотрубки самого разнообразного строения (одностенные, многостенные) и свойств (проводники, полупроводники).

Алюминиевые пены – это материалы с низкой плотностью, состоящие из алюминиевых частиц и газовых пузырьков. Эти материалы могут использоваться в легкой и прочной конструкции для автомобилей и летательных аппаратов (рис. 3).

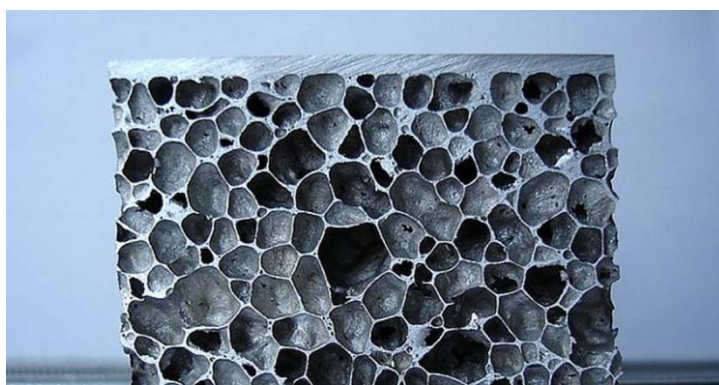


Рисунок 3. Структура алюминиевой пены

Вспененный металл имеет малый вес, хорошие теплоизоляционные и звукопоглощающие свойства, негорючий и нетоксичный. Материал поглощает вибрации, толчки и звуки, а низкий вес обеспечивает идеальную основу для облегченных конструкций. Вспененный алюминий может также обеспечить высокоэффективную защиту от электромагнитных волн. Низкая плотность – 0,3...0,8 г/куб. см – позволяет алюминиевой пене плавать в воде (в случае закрытой пористости).

Было разработано несколько технологий производства металлических пен, но только некоторые из этих процессов подойдут для производства алюминиевой пены в промышленных масштабах:

а) введение газов напрямую в жидкий металл.

б) технологический процесс Alporas Shinko Wire Co. Ltd. (Осака, Япония) с добавлением 1,5% кальция в алюминиевый расплав для регулирования вязкости.

Усиленные печатные платы – это новые печатные платы, которые имеют металлические усиления, что позволяет им выдерживать более высокие температуры и давления. Эти улучшенные могут использоваться в наиболее мощных компьютерах и электронных устройствах.

Изготавливаются усиленные платы путем нанесения нескольких слоев меди на стандартную структуру печатной платы. Это делает платы толще и тяжелее, но также устойчивыми к высоким напряжениям и температурам.

Современные материалы позволяют совершенствовать процессы изготовления, ремонта и эксплуатации многочисленных транспортных средств. Работы по внедрению новых материалов позволяют не только увеличивать экономические показатели, но и выводят эффективность производства на новый уровень.

В настоящее время производство различных деталей автомобилей ищет различные пути снижения стоимости и повышения качества выпускаемой продукции.

Целью данного исследования является теоретическое обоснование целесообразности применения аддитивных технологий при производстве деталей для машиностроения.

Рассмотрим пример производства с применением аддитивных технологий. Допустим, предприятие специализируется на производстве бамперов на автомобиле Lada Granta. Также предприятие находится в условиях, таких как:

- количество сотрудников (2 человека);
- количество типов производимых деталей (1 тип).

Если учитывать указанные выше параметры, получаем:

1. Стоимость кВт/ч – 15 руб./кВт. Взята средняя цена по регионам. В нашем случае на работу уйдет 14 часов. Получаем:

$$F_3 = F_0 * t, \quad (1)$$

$$F_3 = 15 * 14 = 210 \text{ руб.}, \quad (2)$$

где  $F_3$  – затраты на электричество при изготовлении одной детали,  $F_0$  – стоимость кВт/ч (руб.),  $t$  – время затраченное на производство детали (час.).

2. Стоимость помещения. Допустим, на аренду уходит 10 000 руб./мес. По 8 рабочих часов 5 дней в неделю. Итого около 24 рабочих дня или 192 часа. Стоимость одного часа:

$$F_4 = F_a / n, \quad (3)$$

$$F_4 = 10000 / 192 = 52 \text{ руб.}, \quad (4)$$

где  $F_a$  – затраты на аренду помещения,  $n$  – количество рабочих часов.

В нашем случае потребуется 728 рублей на печать одной модели (14 час.).

3. Процент брака. Опытные специалисты допускают 10–20 % брака. Возьмем среднее значение 15 %. Получим коэффициент 1,15.

4. Амортизация устройства. Принимаем к расчету 3D-принтер Creality Ender-5 Plus (рис. 4). Его розничная цена составляет 49 500 рублей.



Рисунок 4. 3D-принтер Creality Ender-5 Plus

Допустим, он сделает порядка 1000 моделей до первых серьёзных поломок.

$$F_a = F_{ст}/n_{дет}, \quad (5)$$

$$F_a = 49500/1000 = 49,5 \text{ руб.}, \quad (6)$$

где  $F_{ст}$  – затраты на покупку 1 единицы оборудования,  $n_{дет}$  – количество деталей, изготовленных до первой поломки.

5. Обслуживание техники. Выделим фонд технического обслуживания в размере 12000 рублей в месяц.

$$F_{1то} = F_{то}/n, \quad (7)$$

$$F_{1то} = 12000/192 = 62,5 \text{ руб.}, \quad (8)$$

где  $F_{то}$  – фонд технического обслуживания,  $n$  – количество рабочих часов.

6. Заработная плата сотрудникам. Принимаем количество работников на предприятии – 2 человека. В том числе одного мастера, выполняющего работу и одного руководителя с заработной платой в 25 тыс. рублей и 35 тыс. рублей соответственно. Исходя из принимаемого нами количества изготавливаемых деталей в месяц – 60, получаем:

$$F_{от.зп.} = F_{зп}/n_{дет/мес}, \quad (9)$$

$$F_{от.зп.} = 60000/60 = 1000 \text{ руб.}, \quad (10)$$

где  $F_{зп}$  – затраты на выплату заработной платы сотрудникам,  $n_{дет/мес}$  – количество деталей изготовленных в месяц.

7. Закупка сырья (по необходимости, цена приведена за 1 кг.) – на данном производстве применяется PLA пластик стоимость которого на рынке колеблется в пределах 1000–2000 руб. Примем среднее значение стоимости пластика – 1500 руб. Исходя из этого получим стоимость сырья необходимого для изготовления одного бампера:

$$F_C = F_{\text{кг}} * n_{\text{кг}}, \quad (11)$$

$$F_C = 1500 * 2 = 3000 \text{ руб.}, \quad (12)$$

где  $F_{\text{кг}}$  – затраты на покупку 1 кг пластика,  $n_{\text{кг}}$  – количество кг пластика, необходимого для изготовления одной детали.

Сведем полученные значения в таблицу 1.

Таблица 1 – Смета затрат на производство 1 детали

№	Наименование статьи расходов	Количество затрачиваемых средств, руб.
1	Затраты на электричество	210
2	Затраты на аренду помещения	52
3	Амортизационные отчисления	49,5
4	Фонд технического обслуживания	62,5
5	Заработная плата сотрудникам	1000
6	Закупка сырья	3000
7	Брак	450
Итого:		4824

Для получения более объективного результата сравним производство с применением аддитивных технологий и производство, в котором применяют матрицы.

1. Стоимость кВт/ч – 15 руб./кВт. Взята средняя цена по регионам. В нашем случае на работу потребуется 1 час. Получаем:

$$F_3 = F_0 * t, \quad (13)$$

$$F_3 = 15 * 1 = 15 \text{ руб.}, \quad (14)$$

где  $F_3$  – затраты на электричество при изготовлении одной детали,  $F_0$  – стоимость кВт/ч (руб.),  $t$  – время, затраченное на производство детали (час.).



2. Стоимость помещения. Оборудование для такого производства имеет большие габариты, поэтому помещение требуется больших размеров.

Допустим, на аренду уходит 20 000 руб./мес. По 8 рабочих часов 5 дней в неделю. Итого около 24 рабочих дня или 192 часа. Стоимость одного часа:

$$F_{\text{ч}} = F_{\text{а}} / n, \quad (15)$$

$$F_{\text{ч}} = 20000 / 192 = 104 \text{ руб.}, \quad (16)$$

где  $F_{\text{а}}$  – затраты на аренду помещения,  $n$  – количество рабочих часов.

В нашем случае потребуется 104 рублей на печать одной модели (1 час).

3. Процент брака. Опытные специалисты допускают 20 % брака. Получим коэффициент 1,2.

4. Амортизация устройства. Принимаем к расчету ТВФМ-1.6. Его розничная цена составляет 400000 рублей (рис. 5).



Рисунок 5. ТВФМ-1.6

Допустим, он сделает порядка 1000 моделей до первых серьёзных поломок.

$$F_{\text{а}} = F_{\text{ст}} / n_{\text{дет}}, \quad (17)$$

$$F_{\text{а}} = 400000 / 1000 = 400 \text{ руб.}, \quad (18)$$

где  $F_{\text{ст}}$  – затраты на покупку 1 единицы оборудования,  $n_{\text{дет}}$  – количество деталей, изготовленных до первой поломки.

5. Обслуживание техники. Выделим фонд технического обслуживания в размере 24 тыс. рублей в месяц.

$$F_{1\text{то}} = F_{\text{то}}/n, \quad (19)$$

$$F_{1\text{то}} = 24000/192 = 125 \text{ руб.}, \quad (20)$$

где  $F_{\text{то}}$  – фонд технического обслуживания,  $n$  – количество рабочих часов.

6. Зарботная плата сотрудникам. Принимаем количество работников на предприятии – 2 человека. В том числе одного мастера, выполняющего работу и одного руководителя с зарботной платой в 25 тыс. рублей и 35 тыс. рублей соответственно. Исходя из принимаемого нами количества изготавливаемых деталей в месяц – 60, получаем:

$$F_{\text{от.зп.}} = F_{\text{зп.}}/n_{\text{дет/мес}}, \quad (21)$$

$$F_{\text{от.зп.}} = 60000/60 = 1000 \text{ руб.}, \quad (22)$$

где  $F_{\text{зп.}}$  – затраты на выплату зарботной платы сотрудникам,  $n_{\text{дет/мес}}$  – количество деталей, изготовленных в месяц.

7. Закупка сырья (по необходимости, цена приведена за 1 лист). На данном производстве применяется пластик в листах (рис. 6), стоимость которого на рынке колеблется в пределах 2000–4500 руб.

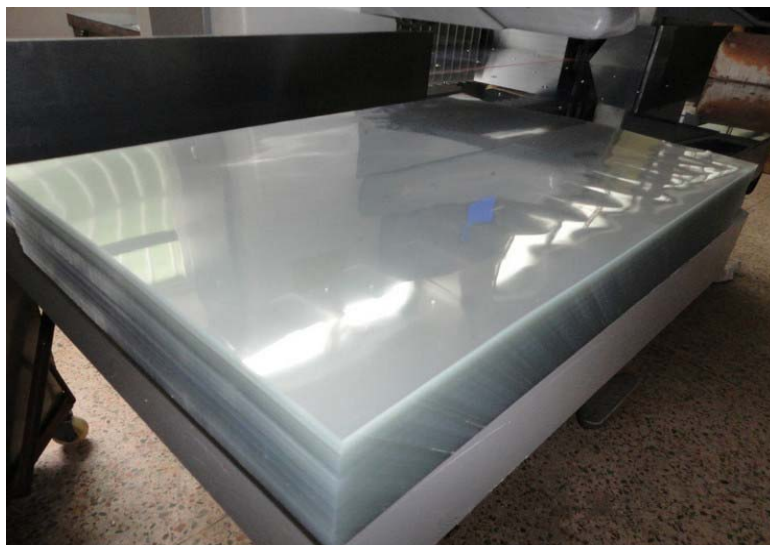


Рисунок 6. Листовой пластик для формовки

Примем среднее значение стоимости пластика – 3250 руб. Исходя из этого, получим стоимость сырья необходимого для изготовления одного бампера:

$$F_c = F_l * n_l, \quad (23)$$

$$F_c = 3250 * 1 = 3250 \text{ руб.}, \quad (24)$$

где  $F_l$  – затраты на покупку 1 листа пластика,  $n_l$  – количество листов пластика, необходимого для изготовления одной детали.

8. Так же для такого типа производства необходима покупка матриц. Принимаем, что матрица для одного типа бампера будет стоить порядка 100 тысяч рублей. Предположим, что до шлифовки матрицы можно изготовить 1000 деталей. Получим:

$$F_m = F_{об}/n_{дет}, \quad (25)$$

$$F_m = 100000/1000 = 100 \text{ руб.} \quad (26)$$

Сведем полученные значения в таблицу 2.

Таблица 2 – Смета затрат на производство 1 детали

№	Наименование статьи расходов	Количество затрачиваемых средств, руб.
1	Затраты на электричество	15
2	Затраты на аренду помещения	104
3	Амортизационные отчисления	400
4	Фонд технического обслуживания	125
5	Заработная плата сотрудникам	1000
6	Закупка сырья	3250
7	Брак	480
8	Затраты на окупаемость матрицы	100
Итого:		5474

Так же после получения детали ее необходимо окрасить, что добавит стоимости готовому изделию. В конечном итоге, деталь будет стоить потребителю в пределах 5500–9000 рублей.

На основе проведенного исследования можно сделать вывод о том, что применение технологий аддитивного производства представляет собой перспективное и экономически выгодное направление в сфере машиностроения, это обосновывается тем, что нами был получен экономический эффект в пользу аддитивного производства.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Требухин А.Ф. Современные трехмерные принтеры для аддитивного строительного производства / А.Ф. Требухин, Д.Э. Парри // Инженерный вестник Дона. – 2019. – № 8(59). – С. 8.

2. Можегова Ю.Н. Анализ возможностей аддитивных технологий, применяемых в машиностроении / Ю.Н. Можегова, И.В. Климова // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2022. – № 12. – С. 531–536. – DOI 10.36652/0202-3350-2022-23-12-531-536.

3. К вопросу о применении аддитивной технологии на предприятиях сельскохозяйственного машиностроения / А.В. Шимохин, А.С. Союнов, Е.Е. Биткина, К.А. Янковский // Тракторы и сельхозмашины. – 2022. – Т. 89, № 5. – С. 357–365. – DOI 10.17816/0321-4443-111103.

4. Федорова П.С. Перспективы применения аддитивных технологий в машиностроении (аналитический обзор) / П. С. Федорова // Аллея науки. – 2017. – Т. 1, № 8. – С. 447–454.

5. Игисенов Б.К. Аддитивные технологии в машиностроении / Б.К. Игисенов, В.Е. Касутин, К.В. Выблов // Вестник современных исследований. – 2017. – № 11–1(14). – С. 202–206. – EDN YLRVHP.

6. Краско А.С. Применение аддитивных технологий на современном этапе развития машиностроения / А.С. Краско, Е.С. Страмцова // Международная научно-техническая конференция "Информатика и технологии. Инновационные технологии в промышленности и информатике" ("МНТК ФТИ-2017") : Сборник научных трудов, Москва, 06–07 апреля 2017 года / Под редакцией Булатова М.Ф.. Том Выпуск 23 (XXIII). – Москва: Московский технологический университет (МИРЭА), 2017. – С. 198–200.

# НАНОМАТЕРИАЛЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

УДК 621.357

## ПРИМЕНЕНИЕ НАНОКОМПОЗИЦИОННОГО НИКЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ УБОРОЧНЫХ МАШИН

*П.А. Горбушин, В.В. Сафонов, С.А. Шишурин, С.А. Мандров*

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

**Аннотация:** разработана технология получения композиционных электролитических покрытий на основе никеля, модифицированных наноразмерными частицами нитрида алюминия. Технология подразумевает получение покрытий из кислых электролитов никелирования под воздействием ультразвука в течение всего периода нанесения. Проведены трибологические сравнительные испытания пар трения с нанесенными на поверхность роликов наноконпозиционным покрытием по разработанной технологии и пар трения, где на поверхность роликов было нанесено классическое покрытие никеля. Проведенные исследования позволили сделать вывод об эффективности применения разработанной технологии упрочнения режущих элементов уборочных машин.

**Ключевые слова:** наноконпозиционное покрытие, никелирование, наноразмерные частицы, износостойкость.

## APPLICATION OF NANOCOMPOSITION NICKEL PLATING FOR HARDENING OF CUTTING ELEMENTS OF HARVESTING MACHINES

*P.A. Gorbushin, V.V. Safonov, S.A. Shishurin, S.A. Mandrov*

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

**Abstract:** a technology for producing composite electrolytic coatings based on nickel modified with nanoscale aluminum nitride particles has been developed. The technology involves obtaining coatings from acidic nickel electrolytes under the

influence of ultrasound during the entire application period. Tribological comparative tests of friction pairs with nanocomposition coating applied to the surface of the rollers according to the developed technology and friction pairs where a classical nickel coating was applied to the surface of the rollers were carried out. The conducted research allowed us to conclude about the effectiveness of the developed technology of hardening of cutting elements of harvesting machines.

**Keywords:** nanocomposition coating, nickel plating, nanoscale particles, wear resistance.

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.

По данным Федеральной службы статистики Саратовской области в 2022 году площадь одних лишь зерновых культур составила более 500 тыс. га [6]. Так как ресурс сегментов комбайнов в среднем составляет от 3 до 3,5 га на один элемент, ежегодное потребление данных сегментов достигает порядка 150 тыс. шт. Аналогичная ситуация прослеживается по отношению к рабочим органам машин для уборки кормовых культур [2].

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод, что проведение научно-исследовательских мероприятий по разработке эффективного способа упрочнения режущих элементов для увеличения их ресурса является актуальной задачей.

Одними из наиболее эффективных и распространённых технологий упрочнения режущих элементов являются технологии гальванических производств, позволяющие получать на поверхностях деталей слой металла с высокими физико-механическими свойствами. Одним из распространенных процессов нанесения электролитических покрытий является никелирование [3]. Нанесение никелевых покрытий характеризуется низким температурным воздействием, получением ровных, гладких поверхностей, не требующих дополнительной механической обработки [8]. В тоже время, широкое

применение электролитического никелирования ограничено существующими недостатками, одним из которых является низкая износостойкость получаемых поверхностных слоев никеля. Для устранения таких недостатков широко внедряются нанокпозиционные покрытия [1]. Сущность получения таких покрытий заключается во внесении наноразмерных частиц в электролиты для их последующего осаждения, совместно с никелевым покрытием, на поверхности режущих элементов. При зарастании наноразмерные частицы придают получаемым покрытиям уникальные физико-механические свойства [4]. Известно [10], что нитриды, при взаимодействии с кислотами, присутствующими в кислотных электролитах, выделяют азот, внедрение которого в электролитическое покрытие может дополнительно способствовать улучшению его физико-механических свойств. В связи с этим, для модификации никелевых покрытий был выбран наноразмерный порошок нитрида алюминия.

Важным параметром оценки ресурса режущих элементов является износостойкость [5, 9]. Для анализа износостойкости нанокпозиционных никелевых покрытий, модифицированных наноразмерными частицами нитрида алюминия, были проведены лабораторные сравнительные трибологические испытания.

Никелевые покрытия получали из кислого электролита следующего состава:

- никель сернокислый – 250...350 г/л;
- борная кислота – 35...45 г/л;
- никель хлористый – 35...70 г/л;
- добавка Omni Additive 902 – 8...10 мл/л;
- добавка Magnum 898 Brightner – 0,2...0,6 мл/л;
- нанопорошок нитрида алюминия – 5 г/л.

Режимы электролиза:

- pH – 4,0...4,6;
- температура электролита – 50...65 °С;
- катодная плотность тока – 2...6 А/дм<sup>2</sup>;
- частота ультразвука – 22 кГц;
- амплитуда ультразвука – 50 Гц;

- время нанесения покрытия – 20 мин;
- площадь анодов к площади катода – 5:1.

Анализ существующих технологий создания наноразмерных позволил выбрать метод плазменной перекомденсации, которым получают порошки различных металлов размером частиц от 10 до 100 нм. Метод достаточно хорошо описан в других работах [1, 4, 5, 7–10].

Приготовление электролита для нанесения нанокмпозиционных покрытий на основе никеля проводили в соответствии с технологией, описанной в предыдущих работах авторов [1, 4, 5, 7–10].

Технологический процесс нанесения покрытий состоял из следующих технологических операций:

- химическое обезжиривание;
- горячая промывка;
- электролитическое обезжиривание;
- горячая промывка;
- холодная промывка;
- химическое травление;
- холодная двухкаскадная промывка;
- активация;
- холодная двухкаскадная промывка;
- никелирование;
- холодная промывка;
- сушка.

Все промывки проводили в проточной воде температурой 18...25 °С и горячей при температуре от 70 до 75 °С.

Химическое обезжиривание проводилось в растворе следующего состава:

- добавка Surfolin – 45...65 г/л;
- дистиллированная вода – остальное.



Режимы:

- температура раствора – 18...25 °С;
- время обезжиривания – 1...4 мин.

Электролитическое обезжиривание проводили в электролите следующего состава:

- добавка Surfolin – 45...85 г/л
- дистиллированная вода – остальное.

Режимы:

- температура электролита – 35...40 °С;
- катодная плотность тока – 2...8 А/дм<sup>2</sup>;
- время обезжиривания – 1...3 мин.

Химическое травление проводили в растворе следующего состава:

- соляная кислота – 300...500 г/л;
- фторид натрия – 10...15 г/л;
- дистиллированная вода – остальное.

Режимы:

- температура раствора – 45...50 °С;
- время травления – 1...3 мин.

Активацию проводили в растворе следующего состава:

- соляная кислота – 100...300 г/л;
- дистиллированная вода – остальное.

Режимы:

- температура раствора – 45...50 °С;
- время активации – 1 мин.

Сушку проводили в сушильном шкафу ПЭ-4620М.

Режимы:

- температура – 100...110 °С;
- время сушки – 30 мин.

Покрyтия наносили на образцы с использованием лабораторной ультразвуковой гальванической установки (рис. 1).



Рисунок 1. Лабораторная ультразвуковая гальваническая установка:  
1 – ультразвуковая ванна; 2 – блок питания ультразвуковой ванны;  
3 – шкаф управления и поддержания заданной температуры;  
4 –нагревательный элемент; 5 – выпрямитель  
ГИТП 500-30(5)х12Р-220-П2/В2

Трибологические испытания проводили в условиях трения скольжения на машине трения МИ-1М. Контактное взаимодействие образцов осуществляли по схеме «ролик – колодка» [5].

Покрытие наносили на образцы в виде роликов из стали У11 диаметром 50 мм и шириной 10 мм. Поверхность роликов шлифовали до получения шероховатости  $R_a$  0,32 мкм. Колодки также были изготовлены из стали У11 наружным диаметром 68 мм, внутренний диаметр которых был отшлифован под размер ролика и отполирован до шероховатости  $R_a$  0,32 мкм. На колодки покрытие не наносили. Материал образцов был выбран по аналогии с материалом изготовления режущих элементов уборочных машин.

Испытания проводились в соответствии с ГОСТ 23.224-86 в двух средах: в чистом и загрязненном индустриальном масле И-20. Загрязнителем служил

кварцевый абразив 1K1O101 с размером частиц 8...12 мкм при концентрации 0,08 % по массе [9].

Эффективность предлагаемого покрытия определяли по суммарному весовому износу образцов. Износ образцов определяли их взвешиванием на весах HR-250AZG 1-го класса точности.

Результаты трибологических испытаний представлены на рисунке 2, из которого видно, что суммарный износ по массе у пары трения, на ролики которой нанесено нанокomпозиционное покрытие на основе никеля ниже, чем аналогичный показатель у пары трения, на поверхность которой нанесено классическое покрытие никеля.

При испытаниях в чистой смазочной среде суммарный износ по массе пары трения, на ролики которой нанесено нанокomпозиционное покрытие на основе никеля, составил 0,016 г, что в 2,06 раза меньше, чем у пары трения, на ролики которой нанесено классическое покрытие никеля.

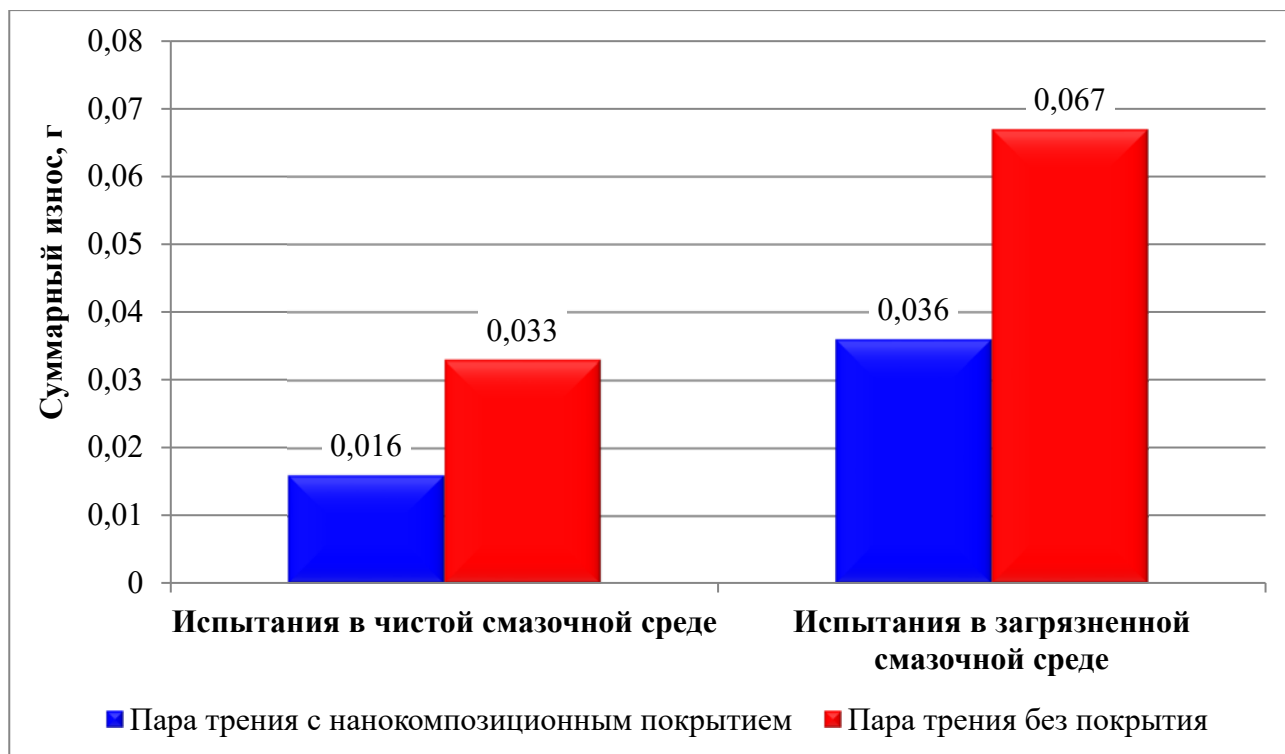


Рисунок 2. Суммарный износ по массе пар трения

В загрязненной смазочной среде аналогичный износ для пары трения, на поверхность которой нанесено нанокomпозиционное покрытие на основе никеля

составил 0,036 г, что в 1,86 раза меньше, чем у пары трения, на ролики которой нанесено классическое покрытие никеля.

Проведенные исследования показывают перспективность использования покрытия никеля, модифицированного наноразмерными частицами нитрида алюминия для упрочнения режущих элементов уборочных машин.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Выбор материала наноразмерной фазы и установление режимов нанесения нанокпозиционных гальванических покрытий на основе хрома / В.В. Сафонов [и др.] // Научная жизнь. – 2021. – Т. 16. – № 3 (115). – С. 338–349.

2. Горшенин В.И. Машины для уборки зерновых культур / Н.В. Михеев, Ю.А. Тарабукин, С.В. Соловьев. Мичуринск – наукоград РФ: Изд-во Мичурин. гос. агр. ун-та, 2006. – 214 с.

3. Защитные покрытия : Учебное пособие / М.Л. Лобанов, Н.И. Кардонина, Н.Г. Россина, А.С. Юровских. – Екатеринбург : Уральский федеральный университет, 2014. – 200 с.

4. Седиментационная стойкость электролита-суспензии и микротвердость нанокпозиционных гальванических покрытий на основе хрома / В.В. Сафонов [и др.] // Научная жизнь. – 2021. – Т. 16. – № 1. – С. 65–76.

5. Повышение износостойкости и коррозионной стойкости гальванического покрытия хрома применением наноразмерных материалов / В.В. Сафонов, С.А. Шишурин, П.А. Горбушин, В.В. Венскаяйтис // Научная жизнь. – 2022. – Т. 17, № 5(125). – С. 761–770.

6. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Саратовской области: [Электронный ресурс]. URL: <https://64.rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 12.04.2023).

7. Технология упрочнения и восстановления деталей сельскохозяйственной техники нанокпозиционным гальваническим железнением / В.В. Сафонов [и др.] // Научная жизнь. – 2019. – № 2. – С. 33–42.

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. 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.

# ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

УДК 631.31 (470.44)

## ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВСПАШКИ ПОЧВЫ ПЛУГАМИ ПЛН И ПБС НА НАКОПЛЕНИЕ ВЛАГИ

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

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

**Аннотация:** технология вспашки создает благоприятные условия для развития сельскохозяйственных культур, от которой зависят структурно-агрегатный состав, плотность сложения и водопроницаемость пахотного и подпахотного слоёв почвы. Для накопления влаги обработку почву выполняют известными лемешно-отвальными плугами общего назначения серии ПЛН и разработанными плугами серии ПБС. Технология вспашки плугами ПБС отличается от вспашки почвы отвальными плугами ПЛН. На основании проведенных исследований выполнен сравнительный анализ содержания влаги в метровом слое почвы на этапах начала посева и выхода в трубку зерновых культур после работы пахотных агрегатов. Установлено, что при использовании в засушливой зоне на темно-каштановых почвах плугов серии ПБС не ухудшает водно-физические свойства обработанной почвы в сравнении с плугами серии ПЛН.

**Ключевые слова:** агрегат, влага, водопроницаемость, вспашка, крошение, садки, плуг, почва, технология.

## THE INFLUENCE OF PLOWING TECHNOLOGIES WITH PLOUGHS OF PLN AND PBS ON THE ACCUMULATION OF MOISTURE

*V.M. Boykov, 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 technology of plowing creates favorable conditions for the development of agricultural crops, on which the structural and aggregate composition, density of addition and water permeability of the arable and sub-arable layers of the soil depend. To accumulate moisture, soil treatment is carried out with well-known general-purpose ploughshares of the PLN series and developed plows of the PBS series. The technology of plowing with PBS plows differs from plowing the soil with plow plows. Based on the conducted studies, a comparative analysis of the moisture content in the meter layer of the soil at the stages of the beginning of sowing and the release of grain crops into the tube after the operation of arable units was performed. It was found that when used in the arid zone on dark chestnut soils, the plows of the PBS series do not worsen the water-physical properties of the treated soil in comparison with the plows of the PLN series.

**Keywords:** aggregate, moisture, water permeability, plowing, crumbling, cages, plow, soil, technology.

Отвальная обработка почвы или вспашка почвы, выполняемая в летне-осенний период после уборки предшественников в большинстве технологий возделывания сельскохозяйственных культур, является основной технологической операцией [1]. Эта операция формирует структурно-агрегатный состав, плотность сложения и водопроницаемость пахотного и подпахотного слоёв почвы. От вспашки зависит накопление и сохранение продуктивной влаги в почве для культурных растений на всех этапах их развития. В засушливых районах растениеводства главным источником поступления и накопления влаги в почве являются осенне-зимние осадки и осадки вегетационного периода. Для их аккумуляции отвальную обработку почву выполняют лемешно-отвальными плугами общего назначения [2]. Сегодня широко применяются навесные плуги серии ПЛН [3], иностранные и отечественные оборотные плуги разных марок [4], а также скоростные навесные и прицепные плуги серии ПБС [5]. Технология вспашки плугами ПБС отличается от вспашки почвы известными отвальными плугами [3, 5]. При работе корпуса плуга подрезаемый пласт почвы вначале не полностью оборачивается. Две трети пласта крошится, оборачивается

и укладывается в открытую соседнюю борозду, а одна треть подрезанного пласта, крошится и укладывается на прежнее место. Следом движущийся корпус плуга также выполняет аналогичный технологический процесс и дополнительно к большей части прибавляется раскрошенная меньшая часть от предыдущего корпуса плуга. Далее процесс основной отвальной обработки почвы повторяется.

С целью определения влияния способов вспашки плугами серии ПЛН и плугами серии ПБС на накопление влаги в почве были проведены многолетние исследования пахотных агрегатов К-701+ПЛН-8-35 (рис. 1) и К-9432+ПБС-10П (рис. 2).



Рисунок 1. Вспашка почвы агрегатом К-701+ПЛН-8-35



Рисунок 2. Вспашка почвы агрегатом К-9432+ПБС-10П



Глубину основной отвальной обработки почвы плугом ПБС-10П ежегодно устанавливали от 23 до 25 см. Сравнение агротехнических показателей работы выполняли относительно работы плуга ПЛН-8-35 с установочной глубиной обработки почвы на 20–22 см. Темно-каштановые среднесуглинистые почвы опытного участка имели в верхнем двадцатисантиметровом слое содержание 2,8 % гумуса. Среднегодовая плотность сложения метрового слоя почвы 1,37 г/см<sup>3</sup>. В результате пятилетних исследований (2017–2021 гг.) при отвальной обработке почвы агрегатами с плугами ПЛН и ПБС получены следующие результаты накопления влаги [6]. На диаграмме (рис. 3) приведены данные влажности почвы по слоям 0–50 см весной перед началом сева зерновых культур.



Рисунок 3. Диаграмма влажности почвы в слое 0–50 см после вспашки плугами ПЛН-8-35 и ПБС-10П

Из диаграммы видно, что после вспашки плугом ПБС-10П влажность в полуметровом слое почвы практически не отличается от данных содержания влажности в почве обработанной плугом ПЛН-8-35. Данные не сильно разнятся и по годам, так в наиболее сухой 2017 год в слое 0–50 см содержание влаги после работы плуга ПЛН-8-35 составило 16 %, после работы плуга ПБС-10П 17,4 %. Наибольшее увлажнение слоя почвы получено в 2021 г. соответственно по плугам 20,6 и 20,4 %.



На диаграмме (рис. 4) приведены данные влажности почвы в слое 50–100 см весной перед началом сева зерновых культур (ячменя). Из диаграммы видно, что характер влагонакопления по годам также практически не отличается у исследуемых плугов. Содержание влаги в глубоких слоях 50–100 см меньше, чем в верхних слоях 0–50 см, причем разница составляет от 20 до 40 %. С одной стороны, это можно объяснить уплотнением почвы на границе глубины хода лемехов корпусов плуга, образованием так называемой «плужной подошвы», препятствующей проникновению воды в нижние горизонты почвы. С другой стороны, данные, полученные в 2019 году, свидетельствуют о накоплении влажности в целом в метровом слое на уровне 18,3–17,1 % по плугу ПЛН-8-35 и 18,2–17,4 % по плугу ПБС-10П. Влажность в слое 0–50 см и в слое 50–100 см отличается на 6,5 и 4,3 % соответственно.



Рисунок 4. Диаграмма влажности почвы в слое 50–100 см после вспашки плугами ПЛН-8-35 и ПБС-10П

На диаграммах (рис. 5 и 6) приведены данные влажности почвы в слоях 0–50 см и 50–100 см летом в первой декаде июня в фазе выхода ячменя в трубку.



Рисунок 5. Диаграмма влажности почвы в слое 0–50 см после вспашки плугами ПЛН-8-35 и ПБС-10П



Рисунок 6. Диаграмма влажности почвы в слое 50–100 см после вспашки плугами ПЛН-8-35 и ПБС-10П

Анализ диаграмм (см. рис. 5 и 6) показывает о практически одинаковом характере содержания влаги по годам 2017–2021 гг. При обработке почвы по отвальной технологии плугами ПЛН-8-35 и ПБС-10П влажность в полуметровом слое почвы наибольшая получена в 2017 году, соответственно 19,1 и 18,8 %. В этот период в слое 50–100 см влаги в почве наблюдалось на уровне 14,3 % (ПЛН-8-35) и 15,5% (ПБС-10П). В сравнении с другими годами эти данные

превышают все другие. Такое накопление влаги также в целом по всей глубине объясняется выпадением 99 мм дождевых осадков в мае 2017 г [7]. Аналогично на величину содержания влаги в почве повлияли погодные условия 2019 г.

На основании пятилетних исследований влияния технологий вспашки почвы на накопление и сохранение влаги в метровом слое почвы при работе серийного лемешно-отвального плуга ПЛН-8-35 и разработанного в ФГБОУ ВО Вавиловский университет лемешно-отвального плуга ПБС-10П можно заключить, что при использовании в засушливой зоне на темно-каштановых почвах плугов серии ПБС не ухудшает водно-физические свойства обработанной почвы в сравнении с плугами серии ПЛН.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный регистр технологий производства продукции растениеводства. Система технологий. М.: ГНУ Информагротех, 2000. – 517 с.
2. Тарадин С.А. Влияние способов основной обработки на водно-физические показатели почвы и урожайность подсолнечника на эрозионно опасных склонах ростовской области / Тарадин С.А. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 5 (67). С. 70–73.
3. Халанский В.М. Сельскохозяйственные машины / В.М. Халанский, И.В. Горбачев. – М.: Колосс, 2003. – 623 с.
4. Сельхозтехника. Национальный аграрный каталог. №24/2-е полугодие, 2021. – с. 30–31.
5. Плуги ПБС. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://плугипбс.рф/navesnyye-plugi-pbs> (дата обращения 12.05.2023).
6. Солодовников А.П. Агрофизические, водно-физические факторы и погодные условия, определяющие урожайность зерна ячменя на темно-каштановой почве Заволжья / А.П. Солодовников, А.С. Линьков, С.А. Преймак, Н.В. Фисунов // Аграрный научный журнал. 2022. № 8. С. 29–32.
7. Месячные и годовые суммы выпавших осадков в Саратове. [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://www.pogodaiklimat.ru/history/34172\\_2.htm](http://www.pogodaiklimat.ru/history/34172_2.htm) (дата обращения 12.05.2023).

УДК 631.31 (470.44)

**ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ  
НА УРОЖАЙНОСТЬ ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ  
САРАТОВСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ**

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

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

**Аннотация:** в условиях Саратовского Заволжья в 2017–2021 гг. проведены исследования влияния технологий основной обработки почвы: вспашки агрегатами с серийным плугом К-701+ПЛН-8-35 и разработанным в университете плугом К-9432+ПБС-10П, глубокого рыхления агрегатом Т-150К+SSD–4 Terradig и поверхностной обработки почвы агрегатом К-9432+БДМ 7×3 ППКШКС на плотность темно-каштановых среднесуглинистых почв и их взаимосвязь с урожайностью ярового ячменя. Установлено, что основная отвальная обработка почвы агрегатом с плугом ПБС–10П в условиях только 2021 г. увеличивала урожайность ячменя по сравнению с плугом ПЛН-8-35 на 3,1 %, по сравнению с безотвальной обработкой SSD–4, Terradig увеличивала на 7,3%, по сравнению с поверхностной обработкой на 21,5 %.

**Ключевые слова:** агрегат, атмосферные осадки, вспашка, плотность почвы, почва, рыхление, технология, урожайность, ячмень.

**THE INFLUENCE OF BASIC TILLAGE TECHNOLOGIES ON BARLEY  
YIELD IN THE CONDITIONS OF THE SARATOV VOLGA REGION**

*V.M. Boykov, 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:** in the conditions of the Saratov Volga region in 2017–2021, studies were conducted on the impact of basic tillage technologies: plowing with units with a serial K-701+PLN-8-35 plow and a K-9432+PBS-10P plow developed at the university, deep loosening with a T-150K+SSD–4 Terradig unit and surface tillage with a K-9432+BDM 7×3 PPKSHKS on the density of dark chestnut medium loamy soils and their relationship with the yield of spring barley. It was found that the main dump tillage with an aggregate with a PBS–10P plow in the conditions of only 2021 increased the yield of barley compared to the plow PLN-8-35 by 3,1 %, compared with the non–dump treatment SSD-4, Terradig increased by 7,3 %, compared with surface treatment by 21,5 %.

**Keywords:** aggregate, atmospheric precipitation, plowing, soil density, soil, loosening, technology, productivity, barley.

Многолетними исследованиями совершенствуются технологии основной обработки почвы. Учеными и практиками постоянно изучается влияние обработки почвы на водно-физические свойства почвы и урожайность возделываемых культур. Однако не прекращаются дискуссии о степени адаптивности различных способов обработки почвы к конкретным условиям производства культурных растений [1–5]. В большинстве исследований отмечается достижения лучших показателей и урожая по отвальной технологии [2, 5]. Также выделяют комбинацию технологий глубокой чизельной обработки до 35 см и технологию с оборотом пласта на глубину до 15 см [3, 4]. Применение безотвальных энергосберегающих систем обработки почвы позволяет получать высокий урожай в эрозионных районах [5]. Важное значение в экономическом отношении, сохранении плодородия почвы и в защите ее от эрозии имеет применение минимальных поверхностных способов обработки почвы, направленных на сокращение или полное исключение вспашек или глубоких рыхлений в севообороте [4].

С целью определения влияния различных способов основной обработки почвы на урожайность ярового ячменя в условиях Саратовского Заволжья проведены исследования [6] с использованием серийных орудий и нового плуга, разработанного в ФГБОУ ВО Вавиловский университет [7]. В качестве контроля принята технология вспашки почвы на глубину 20–22 см агрегатом К-701+ПЛН-8-35 (рис. 1). Отвальная обработка почвы разработанным прицепным плугом на глубину 23–25 см, выполнялась агрегатом К-9432+ПБС-10П (рис. 2). Технология глубокого рыхления почвы на глубину 30–32 см выполнялась агрегатом с глубокорыхлителем Т-150К+SSD-4 Terradig (рис. 3). Технология поверхностной обработки на глубину 10–12 см агрегатом с прицепным дискатором К-9432+БДМ 7×3 ППКШКС (рис. 4).



Рисунок 1. Агрегат К-701+ПЛН-8-35



Рисунок 2. Агрегат К-9432+ПБС-10П





Рисунок 3. Агрегат Т-150К+ SSD-4, Terradig



Рисунок 4. Агрегат К-9732+ БДМ-7×3 ППКШКС

В УНПО «Поволжье» университета на опытном поле с темно-каштановыми среднесуглинистыми почвами были обработаны участки вышеперечисленными агрегатами. Перед посевом ячменя проводилась культивация всех участков с внесением минеральных удобрений. Полевой опыт сопровождался наблюдениями и исследованиями в соответствии с общепринятыми методиками [6].

На рисунке 5 приведены данные плотности почвы за 2017–2021 гг. перед посевом ячменя в горизонте 0–20 см. Из диаграмм видно, что характер изменения плотности на участках с отвальной технологией обработки почвы после прохода

агрегатов К-701+ПЛН-8-35 и К-9432+ПБС-10П практически равнозначен и имеет минимальные значения в сравнении с другими технологиями. Так в 2018 г. плотность почвы после ПЛН-8-35 составила 1,1 г/см<sup>3</sup>, после ПБС-10П 1,09 г/см<sup>3</sup>. После технологии глубокого рыхления в этом же году 1,14 г/см<sup>3</sup> и после дискования 1,17 г/см<sup>3</sup>.

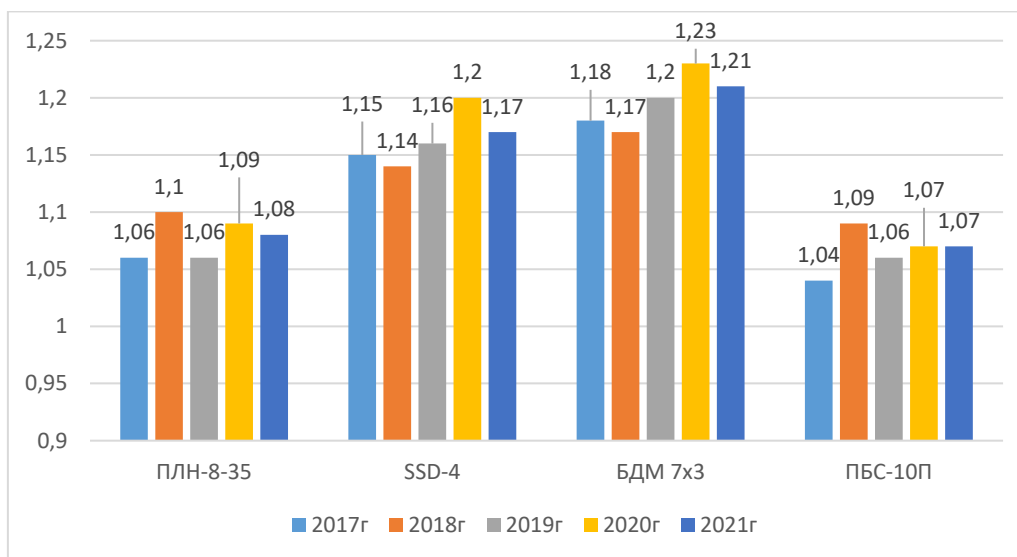


Рисунок 5. Диаграмма изменения плотности почвы в слое 0–20 см перед посевом ячменя, г/см<sup>3</sup>

На диаграмме (рис. 6) приведены данные плотности почвы за 2017–2021 гг. перед посевом ячменя в горизонте 20–40 см.

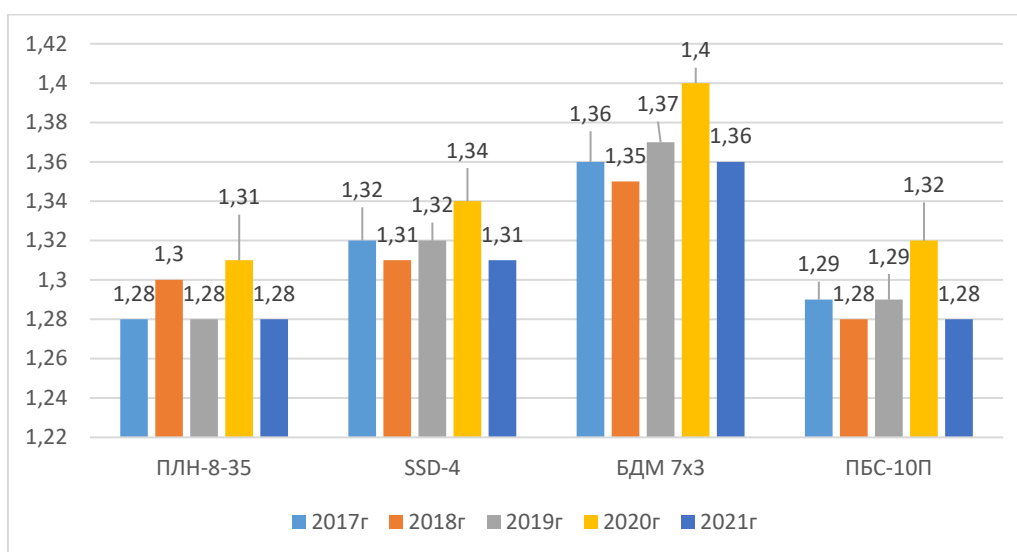


Рисунок 6. Диаграмма изменения плотности почвы в слое 20–40 см перед посевом ячменя, г/см<sup>3</sup>



Данные показывают об уплотненности подпахотного слоя почвы на всех вариантах основной обработки почвы, даже после обработки агрегатом с глубокорыхлителем Т-150К+SSD–4, Terradig на глубинах до 32 см. Наибольшая плотность почвы 1,35–1,4 г/см<sup>3</sup> наблюдалась при обработке участков по мелкой поверхностной технологии агрегатом К-9732+ БДМ-7×3 ППКШКС. Плотность почвы нижнего горизонта после отвальной технологии агрегатами с плугами ПЛН-8-35 и ПБС-10П также были практически равнозначными и составляли в среднем 1,28 г/см<sup>3</sup>.

Результаты урожайности зерна ячменя на опытном поле представлены на диаграмме (рисунок 6). В благоприятном по выпадению атмосферных осадков в период роста растений 2017 г. максимальные значения урожайности формировались на вспашке плугом ПБС–10П – 29,7 ц/га. Ученые агрономической службы университета, проводившие замеры урожайности ячменя отмечают, что различия с контролем (ПЛН-8-35) находились в пределах ошибки опыта [6].

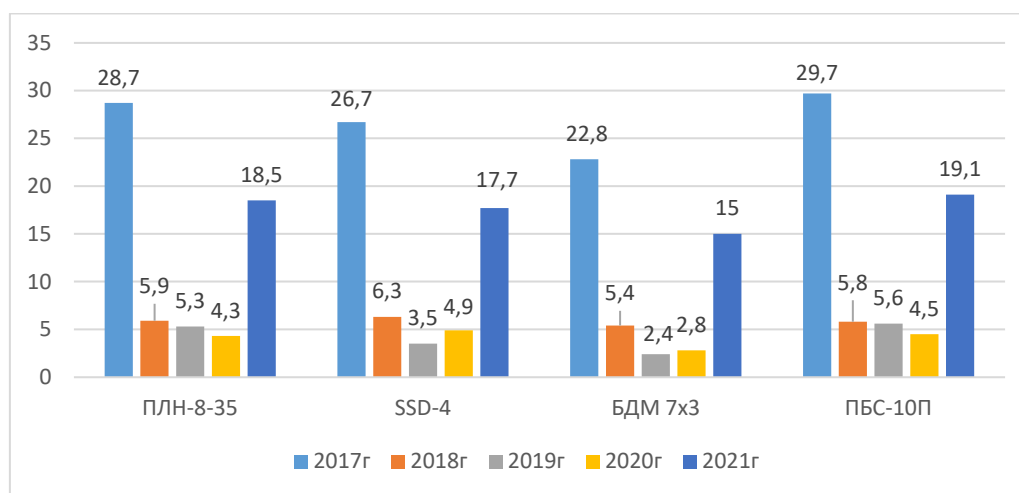


Рисунок 6. Диаграмма урожайности ячменя, ц/га

Урожайность ярового ячменя по технологиям минимальной поверхностной обработки агрегатом К-9732+БДМ-7×3 ППКШКС и глубокой обработки агрегатом Т-150К+SSD–4, Terradig величина урожайности зерна снижалась на 20,5 и 7,0 % соответственно. Основная отвальная обработка почвы агрегатом с плугом ПБС–10П в условиях 2021 г. увеличивала урожайность

ячменя по сравнению с плугом ПЛН-8-35 на 3,1 %, по сравнению с безотвальной обработкой SSD-4, Terradig увеличивала на 7,3 %, по сравнению с поверхностной обработкой на 21,5 %.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горянин О.И., Чуданов И.А. Влияние систем обработки почвы на плотность чернозема обыкновенного в Заволжье // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 7. С. 44–47.

2. Ершов Д.А., Рзаева В.В. Влияние приема основной обработки почвы и предшественника в севообороте на засоренность посевов и урожайность яровой пшеницы. Вестник Мичуринского ГАУ, № 1, 2019, с. 71–74.

3. Плескачев Ю.Н., Воронов С.И., Грабов Р.С. Совершенствование системы основной обработки почвы при возделывании ярового ячменя. Известия НВ АУК. 2020. 1(57). 88–95. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-09.

4. Перфильев Н.В., Вьюшина О.А. Засоренность и урожайность посевов ячменя в зависимости от систем основной обработки почвы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 1. С. 19–26. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-1-3.

5. Кудрявцева М.Н. Влияние основной обработки на засорённость почвы и посевов, урожайность яровой пшеницы. Вестник Ульяновской ГСХА, 2014, №3(27), с.15–20.

6. Солодовников А.П. Агрофизические, водно-физические факторы и погодные условия, определяющие урожайность зерна ячменя на темно-каштановой почве Заволжья. / А.П. Солодовников, А.С. Линьков, С.А. Преймак, Н.В. Фисунов // Аграрный научный журнал. 2022. № 8. С. 29–32.

7. Плуг ПБС-10П [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://плугипбс.рф/pritsepnuyu-plugi-pbs> (дата обращения 18.05.2023).

УДК 631.31 (470.44)

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛУГА ПБС ДЛЯ ЗАДЕЛКИ СИДЕРАЛЬНЫХ КУЛЬТУР В ПОЧВУ

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

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

**Аннотация:** одним из приемов повышения плодородия почвы является использование сидератов. Разработана технология основной обработки почвы и лемешно-отвальные плуги серии ПБС, позволяющие заделывать и располагать сидераты по всей глубине пахотного слоя. Корпус плуга ПБС шириной захвата 60 см разделяет пласт на две части 40 см и 20 см. Технологический процесс работы плуга ПБС, включающий подрезание, крошение, оборачивание, сдвиг почвы и укладывание пласта в свободную борозду формирует прослойку из зеленой массы удобрений, отличающуюся от работы плуга ПЛН. Полевые исследования заделки сидератов проводили при использовании плуга ПБС-4 в составе с тракторами ХТЗ-181 и МТЗ-1221. Установлены рациональные режимы движения агрегатов на запашке фитомелиорантов на глубину 22–27 см. Степень заделки биомассы составил от 95 до 98 %.

**Ключевые слова:** биомасса, зеленая масса, пахотный слой, плодородие, плуг, почва, производительность, сдвиг, сельскохозяйственная культура, технология, фитомелиоранты.

## THE USE OF A PBS PLOW FOR EMBEDDING SIDERAL CROPS IN THE SOIL

*V.M. Boykov, 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:** one of the methods of increasing soil fertility is the use of siderates. The technology of basic tillage and ploughshare-dump plows of the PBS series has been developed, allowing to seal up and place siderates throughout the depth of the arable layer. The body of the PBS plow with a width of 60 cm divides the layer into two parts 40 cm and 20 cm. The technological process of the PBS plow, including pruning, crumbling, wrapping, shifting the soil and laying the formation in a free furrow forms a layer of green fertilizer mass, which differs from the plow PLN. Field studies of siderate sealing were carried out using a PBS-4 plow in combination with HTZ-181 and MTZ-1221 tractors. Rational modes of movement of aggregates on the plowing of phytomeliorants to a depth of 22–27 cm have been established. The degree of incorporation of biomass ranged from 95 to 98 %.

**Keywords:** biomass, green mass, arable layer, fertility, plow, soil, productivity, shift, crop, technology, phytomeliorants.

В современной земледелии одной из важнейших задач продолжают оставаться способы повышения плодородия почвы. В сложившихся условиях ведения отрасли растениеводства ставится задача поиска наиболее эффективных и экологически значимых приемов повышения почвенного плодородия, обладающих минимальными затратами [1–4]. Одним из таких приемов является использование сидератов, позволяющих улучшить плодородие почвы за счет самих возделываемых сельскохозяйственных культур. Запашка сидеральных растений возобновляет биологические ресурсы в корнеобитаемом слое без вложения каких-либо дополнительных финансовых и других средств [5]. Сидерация сокращает время пребывания почвы без растительности, что предохраняет ее от водной и ветровой эрозии, что обуславливает охрану окружающей среды.

В целях повышения эффективности использования «зеленых удобрений» в земледелии необходим не только подбор наиболее продуктивных сидеральных культур, но и выбор рациональных способов заделки зеленой массы сидератов в

почву. Современными технологиями рекомендуется перед заделкой растений в почву вначале их измельчить, затем продисковать, в некоторых случаях прикатать, и далее запахать [6, 7]. В качестве технических средств для заправки применяются лемешно-отвальные плуги общего назначения ПЛН [8]. Однако у таких плугов есть технологический недостаток: глубокая заделка зелёной массы с размещением удобренной прослойки в нижней части пахотного слоя, способствует замедленному разложению органики. В результате минерализации содержание нитратов накапливается на глубине 25–30 см и труднодоступно корневой системе большинства яровых культур.

Учеными Вавиловского университета разработана технология основной обработки почвы и лемешно-отвальные плуги серии ПБС позволяющие заделывать и располагать сидераты по всей глубине пахотного слоя. На рисунке 1 представлена схема технологии заделки сидератов четырехкорпусным плугом ПБС [9].

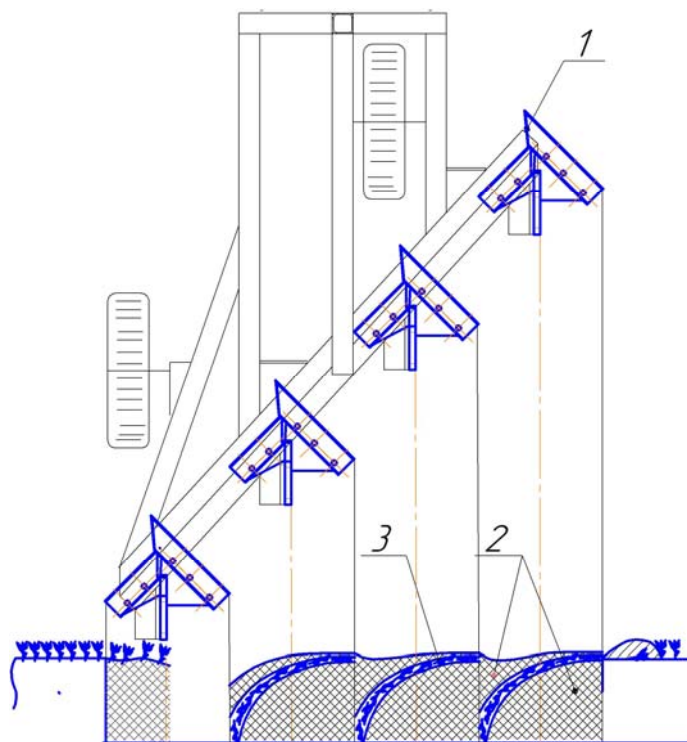


Рисунок 1. Схема технологии заделки сидератов плугом ПБС-4:

1 – корпус плуга; 2 – раскрошенная почва; 3 – сидераты

По разработанной технологии вначале производится подрезание пласта почвы корпусом плуга 1 (рис. 1) и разделение его на две части. Корпус плуга ПБС шириной захвата 60 см разделяет пласт на одну часть шириной 40 см и вторую часть шириной 20 см. Большая часть пласта почвы 2 крошится, оборачивается и укладывается в соседнюю свободную борозду. Меньшая часть пласта почвы разрыхляется и укладывается на прежнее место. Последующий корпус дополнительно крошит меньшую часть пласта 2 и сдвигает в соседнюю борозду. Технологический прием исследовали при обработке почвы сидеральных паров агрегатами с плугом ПБС-4. Техническая характеристика лемешно-отвального плуга ПБС-4 приведена в таблице.

Таблица – Техническая характеристика плуга ПБС-4

Наименование	Значение
Тип агрегатирования	навесной
Количество корпусов, шт.	4
Ширина захвата, м	2,4
Ширина захвата корпуса, см	60
Максимальная глубина пахоты, см	30
Расстояние от опорной плоскости корпусов до нижней плоскости рамы, мм	780
Масса плуга с полным комплектом рабочих органов, кг	810
Производительность в час основной работы, га/ч	1,4–2,5
Погектарный расход топлива, кг/га	8-14
Транспортная скорость, км/ч	до 20
Габаритные размеры плуга, мм (длина x ширина x высота)	3120x2400x 1570

На полях ООО "ОВП Покровское" в Энгельсском районе Саратовской области обработка сидерального пара выполнялась агрегатом ХТЗ-181+ПБС-4 (рис. 2). В качестве сидеральной культуры обрабатывали посевы викоовсяной смеси. Высота зеленых растений в среднем на площади 1 м<sup>2</sup> составляла 28 см. Стадия развития овса по наблюдениям варьировала как пограничная между фазой окончания кущения и началом выхода в трубку. Для определения степени заделки растений в пахотный слой устанавливали различные глубины обработки и скоростной режим агрегата.

При обработке почвы на глубину 22 см наилучшие показатели заделки биомассы получены на скорости движения 2,3 м/с. Заделка растительности составила 93–95 %, на поверхности пашни наблюдались незапаханные части растений. Такие растения встречались в местах стыка соседних пластов обработанной почвы, согласно схемы технологии на рисунке 1. При обработке почвы на глубину 27 см лучшие показатели качества заделки растительной массы получены на скорости движения агрегата 2,1 м/с. В этом режиме движения и установленной глубине заделка сидератов составила до 98 %. Также наблюдались незапаханные части растений.



Рисунок 2. Агрегат ХТЗ-181+ПБС-4 при обработке сидерального пара



Полевые исследования заделки сидератов проводили при использовании плуга ПБС-4 в составе с трактором МТЗ-1221. Агрофон парового поля состоял из смеси посевов донника желтого и люцерны. Высота травостоя достигала 80 см. Установочная глубина обработки почвы плугом 24 см. Скоростной режим движения агрегата варьировал в диапазоне 2,17–2,42 м/с. На более высоких передачах увеличивалось буксование колес трактора. Наилучшие показатели заделки сидератов получены на скорости движения 2,42 м/с агрегата МТЗ-1221+ПБС-4 (рис. 3). Снижение скорости ухудшало качество заделки, в рядах стыка соседних проходов корпусов плуга наблюдались растения травосмеси. Все эти растения были подрезаны и находились в наклоненном состоянии, частично присыпанные почвой.



Рисунок 3. Агрегат МТЗ-1221+ПБС-4 при обработке сидерального пара



В результате экспериментальных исследований лемешно-отвального плуга ПБС-4 на обработке сидеральных паров с целью повышения плодородия почвы, установлена возможность применения плугов серии ПБС на запашке фитомелиорантов. Степень заделки биомассы составил от 95 до 98 % по всей глубине пахотного слоя, что позволит улучшить агрофизические свойства почвы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гребенников А.М. Сидеральные агрообщества как источник повышения плодородия и улучшения фитосанитарного состояния черноземов / Аграрная Россия. – 2011. – № 6. – ч-2. – С. 16–19.
2. Лисина А.Ю. Глубина запашки зеленой массы залежи и клевера на сидерацию и урожайность яровой пшеницы / А.Ю. Лисина, А.М. Вдовина, С.Ю. Коровин, А.А. Варзин // Аграрная Россия. – 2011. – №5. – С. 68–69.
3. Новоселов С.И. Эффективность сидеральных удобрений в севообороте / С.И. Новоселов, Е.С. Новоселова, С.А. Горохов, Н.И. Толмачев // Плодородие. – 2012. – № 5. – С. 27–28.
4. Постников П.А. Зеленые удобрения – резерв повышения урожая/ Земледелие. – 2010. – №7. – С. 15–16.
5. Пронина О.В. Влияние сидератов на плодородие черноземных почв и продуктивность севооборота в степном Заволжье. Автореферат дисс. канд. с.х. наук. Кинель, 2005. – 22 с.
6. Денисов К.Е. Формирование продуктивных агрофитоценозов зерновых культур и повышение плодородия каштановых почв под влиянием биомелиорации в сухостепной части Заволжья. Автореферат д-ра с.х. наук, Саратов, 2009. – 44 с.
7. Панасов М.Н. Биомелиоративное регулирование эффективного плодородия каштановых почв Заволжья. Автореферат д-ра с.х. наук, Саратов, 2002. – 42 с.
8. Плуг. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://universityagro.ru/земледелие/сельскохозяйственные-машины/плуг/> (дата обращения 07.05.2023).
9. Плуг ПБС-4. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://плугипбс.рф/navesnyue-plugi-pbs> (дата обращения 07.05.2023).

УДК 631.31 (470.44)

## РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПОД ПОДСОЛНЕЧНИК

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

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

**Аннотация:** разработана и внедрена ресурсосберегающая технология основной обработки почвы, позволяющая рыхлить почву на глубину до 35 см, частично перемешивать почву с пожнивными остатками на глубину до 15 см и мульчировать поверхность пашни. Такой способ реализуется плугом-рыхлителем ПБС-16, агрегируемым с тракторами тягового класса 5. В результате конструктивно-технологического расположения рабочих органов ширина захвата плуга-рыхлителя составила 6 метров. В процессе работы пахотный агрегат К-744Р+ПБС-16 двигался по полю челночным способом, обеспечивая ровную безгребневую поверхность пашни, без свальных и развальных борозд с производительностью 3,6 га/ч и погектарным расходом топлива 12,9 кг/га. Сравнение внедряемой технологии провели с традиционной отвальной технологией обработки почвы, выполняемой лемешно-отвальным плугом ПНЛ-8-40. Вспашку агрегатом К-744Р+ПНЛ-8-40 выполняли на глубину 24 см. При рабочей ширине захвата плуга 3,2 м производительность агрегата составила 2,1 га/ч, при погектарном расходе топлива 20,6 кг. Использование плуга-рыхлителя в засушливой зоне на зяблевой обработке поля под подсолнечник позволило накопить и сохранить влагу в корнеобитаемом слое почвы.

**Ключевые слова:** агрегат, влага, засушливая зона, плуг, плуг-рыхлитель, пожнивные остатки, почва, производительность, расход топлива, слой почвы, технология, трактор.

## THE RESULTS OF THE INTRODUCTION OF RESOURCE-SAVING TECHNOLOGY OF TILLAGE FOR SUNFLOWER

*V.M. Boykov, 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:** a resource-saving technology of basic tillage has been developed and implemented, which allows loosening the soil to a depth of up to 35 cm, partially mixing the soil with crop residues to a depth of up to 15 cm and mulching the surface of the arable land. This method is implemented by a PBS-16 ripper plow, aggregated with tractors of traction class 5. As a result of the constructive and technological arrangement of the working bodies, the width of the gripper plough was 6 meters. During operation, the K-744R+PBS-16 arable unit moved across the field in a shuttle manner, providing a smooth, ridge-free surface of arable land, without dump and collapse furrows with a capacity of 3,6 ha/h and a per-hectare fuel consumption of 12,9 kg/ha. The comparison of the implemented technology was carried out with the traditional dump technology of tillage performed by the ploughshare plow PNL-8-40. Plowing with the K-744R + PNL-8-40 unit was carried out to a depth of 24 cm. With a working width of 3,2 m of the plow, the unit's productivity was 2,1 ha/h, with a per-hectare.

**Keywords:** aggregate, moisture, arid zone, plow, cultivator, crop residues, soil, productivity, fuel consumption, soil layer, technology, tractor.

Среди пропашных культур, возделываемых в Саратовской области, наибольшую площадь занимает подсолнечник, посевная площадь которого в 2022 году превысила 1,5 млн. га [1]. Основная обработка почвы под подсолнечник в

большинстве хозяйств состоит из традиционной осенней отвальной вспашки на глубину до 30 см [2]. В последние годы все чаще используются альтернативные безотвальные обработки – плоскорезное, чизельное, глубокое рыхление почвы. В отличие от отвальной технологии безотвальные обработки менее энергоемки, более производительны, обладают лучшей влагонакопительной способностью [3, 4]. В ФГБОУ ВО Вавиловский университет разработана технология основной обработки почвы, позволяющая рыхлить почву на глубину до 35 см, частично перемешивать почву с пожнивными остатками на глубину до 15 см и мульчировать поверхность пашни. Такой способ реализуется плугом-рыхлителем ПБС-16, агрегируемый с тракторами тягового класса 5 [5]. Плуг-рыхлитель ПБС-16 навешивается на трактор (рис. 1), включает раму 1, в нижней части которой размещены рыхлительные рабочие органы 2. Рабочие органы в количестве шестнадцати штук установлены в четыре ряда, по четыре органа в каждом ряду.



Рисунок 1. Плуг-рыхлитель ПБС-16 в составе с трактором К-744Р: 1 – рама; 2 – рабочий орган; 3 – опорное колесо; 4 – механизм установки глубины; 5 – выравниватель

В результате такого конструктивно-технологического решения ширина захвата плуга-рыхлителя обеспечивает рабочую ширину захвата почвообрабатывающего орудия 6 метров. С каждой стороны по направлению движения агрегата у плуга-рыхлителя ПБС-16 расположены опорные колеса 3 с механизмами регулировки глубины рыхления почвы 4. В задней части ПБС-16 установлены два выравнителя поверхности пашни 5.

Пахотный агрегат с плугом-рыхлителем ПБС-16 в процессе работы движется по полю челночным способом, обеспечивает ровную безгребневую поверхность пашни, без свальных и развальных борозд. Эксплуатационно-технологическую оценку использования почвообрабатывающего орудия выполняли в КФХ Бенке В.М. Марксовского района Саратовской области. По уровню увлажненности территория полей хозяйства расположена в засушливой зоне. Средне-многолетняя сумма атмосферных осадков составляет от 300 до 330 мм, весной преобладает сухая ветреная погода [6]. Чем суше атмосферный воздух в весенний период и выше температура, тем больше испаряется воды из почвы. Поэтому количество доступной влаги, накопленное в корнеобитаемом слое почвы до посева культурных растений, особенно имеет определяющее значение для развития подсолнечника. Сравнение внедряемой технологии проводили с традиционной отвальной технологией обработки почвы, выполняемой лемешно-отвальным плугом ПНЛ-8-40 [2]. Оба обрабатываемых поля под посев подсолнечника находились рядом и разделялись лесополосой. Почвенный покров опытных полей представлен тёмно-каштановым подтипом. Гранулометрический состав почвы представлен среднесуглинистыми фракциями, характеризующийся слабой водоудерживающей способностью. Предшественниками посевов подсолнечника были яровые зерновые культуры. Отвальную вспашку агрегатом К-744Р+ПНЛ-8-40 выполняли в первой декаде сентября на глубину 24 см. При рабочей ширине захвата плуга 3,2 м и скорости движения 2,2 м/с производительность агрегата за время основной работы составила 2,1 га/ч, при погектарном расходе топлива 20,6 кг. Агрегат двигался на поле с чередованием загонов способом всвал и вразвал. Качество крошения почвы было удовлетворительным, изредка присутствовали на поверхности большие почвенные глыбы и комки (рис. 2, а). Поверхность пашни была слитной, без глубоких борозд и возвышений, в местах стыков пластов почвы от корпусов плуга наблюдались остатки соломы.



Рисунок 2. Поверхность обработанного поля:  
 а) – плугом ПНЛ-8-40; б) – плугом-рыхлителем ПБС-16

Технология рыхления почвы плугом-рыхлителем ПБС-16 проводилась с второй недели октября в агрегате с тем же трактором К-744Р. Глубину обработки почвы установили 30 см, угол атаки рабочей поверхности выравнивателя – 90° (перпендикулярно горизонту поля). На рисунке 2, б показана поверхность пашни после прохода экспериментального агрегата К-744Р+ПБС-16. Стерня яровой пшеницы была перемешана с почвой в слое 0-17 см, на поверхности оставалось до 40 % пожнивных остатков. Крошение почвы явно было выше в сравнении с отвальной обработкой. Однако по следам прохода стоек рабочих органов плуга-рыхлителя наблюдались борозды глубиной 5–7 см. Забивание и залипание рыхлительных корпусов и выравнивателей пожнивными остатками и почвой не происходило. В режиме движения 2,0 м/с, при ширине захвата 6 м, обработка почвы выполнялась агрегатом с производительностью 3,6 га/ч и погектарным расходом топлива 12,9 кг/га.

Весной на каждом из обработанных полей было выполнено покровное боронование, предпосевная культивация и посеян подсолнечник кондитерского сорта Лакомка. Технология ухода за посевами подсолнечника не отличалась по срокам и качеству выполнения и состояла из трехразовых междурядных культиваций. На рисунке 3 представлено состояние развития растений в фазе цветения. В междурядьях подсолнечника посеянного по отвальной технологии на поверхности почвы наблюдались трещины (рис. 3, а). По общему виду растений, толщине стебля, площади листовой части, размеру корзинки отличались от развития растений по технологии с рыхлением ПБС-16 (рис. 3, б).





а)



б)

Рисунок 3. Вид подсолнечника в фазе цветения на обработанных полях:  
а) – плугом ПНЛ-8-40; б) – плугом-рыхлителем ПБС-16

На диаграмме (рис. 4) видно, что часовая производительность выше, а погектарный расход топлива ниже на единицу выполненной работы при обработке почвы по технологии плугом-рыхлителем ПБС-16 в сравнении с технологией обработки почвы плугом ПНЛ-8-40.



Рисунок 4. Диаграмма эксплуатационных показателей пахотных агрегатов

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Посевные площади сельскохозяйственных культур по Саратовской области. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://srtv.gks.ru/folder/72463> (дата обращения 25.04.2023).
2. Классическая технология обработки почв. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://agromh.com/klassicheskaya-tehnologiya-obrabotki-p/> (дата обращения 25.04.2023).
3. Сравнительный анализ технического уровня плугов по результатам испытаний на машиноиспытательных станциях // ФГБУ ГИЦ. 2014. – 110 с.
4. Доценко А.Е. Совершенствование технологического процесса глубокой обработки почвы за счет разработки комбинированного рабочего органа. Автореферат дис. канд. техн. наук. ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2016. – 20 с.
5. Навесные плуги ПБС. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://плугипбс.рф/> (дата обращения 25.04.2023).
6. Характеристика природных и экономических условий Марксовского района [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://works.doklad.ru/view/UTt-4убнweU.html?ysclid=lgvxlgectd734931932> (дата обращения 25.04.2023).



## ЛИНЕЙКА МАШИН ДЛЯ ЛИНИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОРМОВ В КРЕСТЬЯНСКО-ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ

*А.Ю. Глазков*

Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов, Россия

**Аннотация:** в статье на основе проведенного анализа существующего поголовья крупного рогатого скота и рациона питания животных в хозяйствах Тамбовской области предлагается набор машин для кормоцехов крестьянско-фермерских хозяйств.

**Ключевые слова:** крупный рогатый скот, комбикорм, измельчитель, поголовье.

## A LINE OF MACHINES FOR THE FEED PREPARATION LINE IN PEASANT FARMS

*A.Yu. Glazkov*

Tambov State Technical University, Tambov, Russia

**Abstract:** in the article, based on the analysis of the existing livestock of cattle and the diet of animals in the farms of the Tambov region, a set of machines for forage farms of peasant farms is proposed.

**Keywords:** cattle, compound feed, shredder, livestock.

Необходимым условием для увеличения производства животноводческой продукции, повышением ее качества и снижением себестоимости является обеспечение животных сбалансированными по питательности полноценными кормами. Поэтому создание в фермерских хозяйствах отвечающей

современным научным требованиям кормовой базы является основным фактором повышения эффективности животноводства. А эффективность использования кормов в большой степени зависит от подготовленности их к скармливанию.

Кризис 90-х годов 20-го столетия привел к резкому спаду поголовья животных, особенно крупного рогатого скота (КРС), поэтому на настоящем этапе важнейшей целью является восстановление поголовья и повышения продуктивности животных. Анализ ситуации в Тамбовской области по данным РОССТАТ позволяет сделать вывод, что поголовье животных в крестьянско-фермерских хозяйствах (КФХ) и личных подсобных хозяйствах (ЛПХ) сопоставимо с крупными хозяйствами.

Так как производство животноводческой продукции в КФХ и ЛПХ базируется на кормах собственного производства, а в отличие от крупных хозяйств, которые могут позволить приобретение технических средств отечественного и зарубежного производства для механизации и автоматизации технологических процессов на фермах КРС, в крестьянско-фермерских и личных подсобных хозяйствах такие возможности практически отсутствуют, проблема приготовления кормов высокого качества для них является актуальным.

Приготовление сбалансированных качественных смесей концентрированных кормов для кормления животных – энергоемкий процесс. Поэтому актуальной задачей в настоящее время является изготовление технических средств механизации.

В последние годы происходит рост поголовья КРС в КФХ и ЛПХ Тамбовской области. Если в 2019 году коров было 8,7 тыс. голов, то в 2021 уже 9,1 тыс. голов.

Анализ поголовья КРС в КФХ, представленный в таблице 1 [1], показывает, что основная часть КФХ имеет поголовье животных от 31 до 300 голов (58% от числа хозяйств, имеющих поголовье).

Таблица 1 – Распределение поголовья КРС по численности  
в крестьянско-фермерских хозяйствах РФ

Хозяйства имеющие поголовье, голов	Всего, тыс. ед.	%	
		от общего числа хозяйств	от числа хозяйств, имевших поголовье
до 3	0,78	0,7	2,3
3–5	1,46	1,2	4,4
6–10	2,49	2,1	7,5
11–20	4,12	3,5	12,4
21–30	3,31	2,8	10,0
31–50	5,09	4,3	15,3
51–100	7,23	6,1	21,8
101–300	6,93	5,9	20,9
301–500	1,13	1,0	3,4
свыше 500	0,66	0,6	2,0
всего	33,18	28,1	100
не имевшие поголовья	85,09	71,9	х
Итого:	118,27	100	х

Структура изменения потребления кормов в РФ, ЦФО и Тамбовской области за последние 10 лет явно свидетельствует о преобладании в последние годы в рационах кормления животных концентрированных кормов: если в 2010 году доля концентрированных кормов составляла 48 %, то в 2021 году уже 87 % от расхода всех видов кормов (концентрированные, грубые, сочные) при пересчете на кормовые единицы [2]. Это связано как с увеличением доли птицы и свиней в поголовье животных в Тамбовской области, так и в целом с изменением структуры рационов кормления с преобладанием концентрированных кормов, особенно в рационах высокопродуктивных животных и животных на откорме.

В то же время большинство хозяйств, особенно начинающих с господдержкой в виде грантов, например, СТАРТАП или семейная ферма, как правило, должны иметь с/х площади для обеспечения планируемого поголовья кормами [3]. Соответственно, имея возможность возделывания зерновых культур, вполне возможно обеспечить кормовую базу для создания собственных смесей концентрированных кормов.

Отечественными учеными из лаборатории комбикормов ВИЖ разработаны и проверены комбикорма-концентраты для дойных коров и откармливаемого молодняка крупного рогатого скота, удельный вес зерна в которых не превышает 25–59%.

Практически все составляющие, которые приводятся в рекомендуемых отечественных и зарубежных составах концентрированных кормов, могут быть получены в условиях хозяйства. Для приготовления смеси комбикормов-концентратов набор машин, рекомендуемый для применения [4, 5], реализован в виде комбикормовых мини-заводов.

Комбикормовые мини-заводы «Клад-0,25», «Клад», «Клад-1» и «Клад-2» предназначены для производства комбикормов в фермерских хозяйствах и на малых фермах из фуражного зерна собственного производства и крупных обогатительных добавок. Состоят из молотковой дробилки, вертикального смесителя («Клад-1» и «Клад-2» имеют по два смесителя), загрузочного бункера для ввода обогатительных добавок и пульта управления. Оборудованы устройством для очистки сырья от металломагнитных примесей и камней. Изготовитель – АОЗТ «ОПКБ с ЭПП».

Следует отметить, что в хозяйствах, начинающих заниматься молочным или мясным разведением КРС, более целесообразно в составе линии приготовления кормов применять универсальные измельчители кормов. Отечественная промышленность выпускает широкую линейку универсальных измельчителей кормов:

– измельчитель кормов малогабаритный ИКМ-Т-0,8 (изготовитель АО «Бурятфермаш»);

- дробилка зерна и грубых кормов ДЗГ-Ф-350-125 (изготовитель завод «Орловсксельмаш»);
- дробилка зерна и травы ДЗТ-Т-2 (изготовитель ОАО «Сальсксельмаш»);
- измельчитель зерна и корнеплодов ИЗК-Т-1 (изготовитель АО «Морозовсксельмаш»);
- машина бытовая универсальная МБУ-Т-4 (изготовитель ОАО «Сальсксельмаш»);
- машина кормориготовительная МКУ-Т-3 (изготовитель АООТ «Новопокровскферммаш»);
- кормоизмельчитель ИКЧ-4 (изготовитель ОАО «Чебоксарский завод промышленных тракторов»);
- кормоизмельчитель универсальный «Волгарь» (изготовитель Красноармейский механический завод);
- агрегат кормоприготовительный универсальный «Фермер» (изготовитель АО «Ижмаш»);
- кормоизмельчитель «Дружок» (изготовитель ГУП «Завод «Уралсельмаш»);
- универсальный измельчитель кормов УИК- 4 (изготовитель ООО «Сельма»).

Количество и конкретные модели зависят от производственной мощности предприятия, поголовья животных.

Анализ существующих рационов кормления животных позволяет сделать вывод, что потребление концентрированных кормов составляет от 1 до 2 кг в сутки на голову КРС. При среднем поголовье животных в 200 голов потребление концентрированных кормов в течение суток будет составлять от 200 до 400 кг. Соответственно возможно постепенное измельчение зерновых компонентов комбикормов, с последующим накоплением измельченных продуктов и качественным смешиванием в течение 2–3 часов в сутки одним

оператором, при этом набор машин может выглядеть следующим образом: измельчитель кормов малогабаритный ИКМ-Т-0,8 и универсальный смеситель в оптимальном варианте периодического действия с производительностью порядка 200–300 кг/час. При таком наборе машин есть возможность использовать измельчитель кормов дополнительно при подготовке к скармливанию сочных и грубых кормов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сельскохозяйственная микроперепись 2021 года. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/75792>.
2. Структура потребления кормов 2010–2021 гг. в сельскохозяйственных организациях всех категорий скотом и птицей, тыс. тонн кормовых единиц [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.fedstat.ru/indicators/>.
3. Региональный информационно-консультационный центр агропромышленного комплекса. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://tambovark.tmweb.ru/>.
4. Приготовление кормов в фермерских хозяйствах (практическое руководство). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ncs.ru/images/docs/Methodicki/prigotovlenie%20kormov.pdf>.
5. Ведищев С.М. Механизация приготовления кормов. Часть 2 [электронный ресурс] / С.М. Ведищев, В.П. Капустин, Ю.Е. Глазков, А.В. Милованов, А.В. Прохоров, Н.В. Хольшев, А.В. Брусенков. – Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, 2015. – 127 с.

## ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ПОЕНИЯ ЖИВОТНЫХ

*Г.С. Гумаров*

НАО Западно-Казахстанский университет имени М. Утемисова,  
г. Уральск, Республика Казахстан

*А.Г. Сагингалиева*

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

**Аннотация:** в статье рассматриваются вопросы технического обслуживания технологического оборудования для водоснабжения и поения сельскохозяйственных животных. Приведены виды и периодичность проведения технического обслуживания оборудования для водоснабжения и поения сельскохозяйственных животных.

**Ключевые слова:** ежедневное техническое обслуживание, техническое обслуживание, виды технического обслуживания, периодичность обслуживания, технологическое оборудование.

## MAINTENANCE OF EQUIPMENT FOR WATER SUPPLY AND ANIMAL WATERING

*G.S. Gumarov*

West Kazakhstan state University named after M. Utemisov,  
Uralsk, Kazakhstan

*A.G. Sagingaliyeva*

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

**Abstract:** the article deals with the issues of maintenance of technological equipment for water supply and watering of farm animals. The types and frequency of maintenance of equipment for water supply and watering of farm animals are given.

**Keywords:** daily maintenance, maintenance, types of maintenance, frequency of maintenance, technological equipment.

Под технологическим оборудованием для водоснабжения и поения сельскохозяйственных животных понимается комплекс взаимосвязанных передвижных и стационарных технических средств и устройств, предназначенных для выполнения определенных операций технологических процессов по осуществлению приема, подъема, очистки, накопления, хранения, транспортирования воды и выдачи её потребителю. Комплекс технологического оборудования для механизированного и автоматизированного водоснабжения животноводства определяются видом водоисточника и его дебитом, объемом потребляемой воды, гидрогеологическими и климатическими особенностями местности, наличием и надежностью электроснабжения, и другими требованиями. Посредством расчетов и оптимального подбора технологического оборудования и арматуры внешней и внутренней водопроводной сети обеспечивается создание наилучших условий для осуществления производственного процесса на животноводческих предприятиях, в том числе и для поения животных. Техническое обслуживание (ТО) технологического оборудования для водоснабжения и поения – это комплекс работ, проводимых с целью поддержания технологического оборудования в исправном или работоспособном состоянии при хранении, транспортировании, подготовке к использованию и использовании по назначению [1–5]. Виды и периодичность проведения технического обслуживания оборудования для водоснабжения и поения показаны в таблице 1.

Ежедневное техническое обслуживание (ЕТО) насосной станции заключается в очистке насосного оборудования; проверке его креплений; наличия смазки; своевременном устранении утечки воды; проверке на ощупь температуры нагрева корпуса электродвигателя, подшипников; проверке показаний манометра; контроле проб откачиваемой воды на наличие в ней абразивных примесей, песка и глины; контроле действия станции управления. Проверяют исправность действия клапанного и поплавкового механизмов



автопоилок, действие электроподогрева поилок зимой. Контролируют состояние утеплений наружного и внутреннего водопроводов в местах их возможного замерзания.

При периодическом обслуживании выполняют операции ежедневного обслуживания и, кроме того, проверяют и при необходимости обновляют набивку сальниковых уплотнений, контролируют состояние подшипников и соосность валов, заменяют или доливают масло в масляных ваннах, измеряют сопротивление, проверяют водопроводную арматуру и сеть на утечку воды.

Таблица 1 – Виды и периодичность проведения технического обслуживания оборудования для водоснабжения и поения

Наименование оборудования	Виды и периодичность ТО			
	ЕТО	ТО-1		ТО-2
		кол-во в месяц	в часах	
Водоподъемные установки	+	один раз	120	через 6 месяцев
Автопоилки	+	один раз	-	
Водозаборная и регулирующая арматура	+	один раз	-	
Электроводонагреватели	+	два раза	240	
Водонагреватели и автопоилки с подогревом	+	один раз	240	
Насосы для подачи воды из источников	+	один раз	-	

Контролируют производительность насоса, используя водомеры или путем измерения степени заполнения водонапорного бака за определенный промежуток времени. Проверяют исправность действия датчиков водонапорной башни и регуляторов водовоздушного котла без башенной водокачки.

При сезонном обслуживании осматривают техническое состояние всей системы водоснабжения. Износившиеся детали заменяют новыми. Промывают резервуар башни и трубы наружного водопровода не менее двух раз в год: весной, после окончания таяния снега, и осенью, перед наступлением

заморозков. Внутренний водопровод промывают перед началом стойлового периода, проверяют смотровые колодцы, задвижки, вентили.

Восстанавливают защитную покраску поверхностей водопроводной сети. Дезинфицируют резервуары и водопровод 4 %-ным раствором хлорной извести. Утепляют вводы трубопроводов. Контрольно-измерительные приборы сдаются для проверки спецслужбы. Оформляют журнал учета проводимых мероприятий. Насосную станцию укомплектовывают резервным насосным агрегатом. Трудоемкость сезонного обслуживания системы водоснабжения составляет 40–50 чел.-ч и более.

ЕТО автопоилок ПА-1А ПА-1Б, АП-1А и АП-1Б включает очистку чаш от остатков корма, проверку креплений поилки, поступление воды, отсутствия подтекания через клапан.

ТО-1 поилок типа ПА-1 и АП-1 выполняют один раз в месяц: проводят операции ЕТО, а также проверяют состояние клапанов, прокладок, рычагов (педалей) с пальцами; регулируют усилие сжатия пружин, промывают чаши 3%-ным раствором соды.

При ЕТО автопоилки ПСС-1А проверяют герметичность клапана и в случае необходимости производят подтяжку болтов крепления прижимной планки, контролируют свободный ход крышки и герметичность соединения поилки с водопроводной сетью, регулируют ход клапана при разбрызгивании воды.

ТО-1 поилки включает операции ЕТО, а также проверку и регулировку количества подаваемой воды, промывку чаши 3%-ным раствором соды.

ЕТО автопоилки ПБС-1, ПБС-1А, ПБП-1 и ПБП-1А заключается в очистке зазора между сосками и носком корпуса, а при ТО-1 проверяют отсутствие подтеканий из соска и тщательно очищают поилки от грязи и налипшего корма.

Выполняя ЕТО автопоилки АГК-4А, очищают чаши от корма, проверяют поступление воды, отсутствие подтеканий через клапан, работу нагревательного элемента в зимнее время. При ТО-1 выполняют операции ЕТО, контролируют состояние клапанов и прокладок, регулируют усилие сжатия пружин; проверяют термоизоляцию электронагревательного элемента и терморегулятора, промывают чаши 3 %-ным содовым раствором

ЕТО автопоилок АГС-24, АГК-12, ВУГ-3: очищают внутреннюю поверхность корыт от грязи и промывают их водой, проверяют и при необходимости подтягивают крепления, устраняют подтеканий воды. Выполняя ТО-1, проверяют состояние уплотнений, при необходимости меняют прокладки, хомуты и патрубки. Зачищают, обезжиривают и красят поврежденные эрозией места. Промывают корыта 3%-ным раствором соды и двукратно прополаскивают их чистой водой. Проверяют внутренние полости цистерн и при необходимости промывают таким же способом, как и корыта.

ЕТО автопоилок ГАО-4 и ГАО-4А: очищают чаши от грязи и остатков корма, проверяют отсутствие подтеканий в местах соединения с водопроводной сетью, исправность поплавкового устройства. ТО-1 поилок: промывают чаши 3%-ным раствором соды, регулируют поплавковое устройство.

ЕТО передвижных поилок ВУК-3, ВУО-3, ВУО-3А, ВУГ-3: проверяют крепления индивидуальных поилок на ВУК-3 или корыт на ВУО-3, ВУО-3А, ВУГ-3, убеждаются в отсутствии подтеканий через клапаны в индивидуальных поилках или в корытах, контролируют поступление воды в индивидуальные поилки или корыта, очищают от грязи или остатков корма и промывают их водой.

ТО-1 передвижных поилок: промывают поильные чаши, корыта и цистерны 3%-ным раствором соды, проверяют состояние клапанов и прокладок в индивидуальных поилках; защищают, обезжиривают и красят поврежденные коррозией места; заменяют смазку в редукторах, набивку сальников в насосах на ВУК-3, ВУО-3, ВУО-3А, регулируют подшипники ступиц колес и тормозную систему у поилок ВУК-3, ВУО-3, ВУО-3А.

ТО поилок, действующих по принципу сообщающихся сосудов, состоит в осмотре и при необходимости в промывке поильных чаш один раз в неделю.

ЕТО ниппельной поилки заключается в очистке ее от грязи и устранении подтеканий. ТО-1 поилки включает операции ЕТО, а также очистку и дезинфекцию корпуса и ниппеля поилки 3%-ным раствором каустической соды, проверку плотности соединения (прилегания) фасок клапана и при необходимости их притирку.

Водопойный инвентарь периодически моют и дезинфицируют. Для этой цели обычно используют препараты хлора. В теплой воде (30–40 °С)

растворяют 1 кг хлорной извести. Раствор выдерживают в течение суток при периодическом (3–4 раза) помешивании. Отстоявшийся чистый 10 %-ный раствор сливают в другой чистый сосуд. Приготовленный раствор хранят в закрытом сосуде или бутылки. Из основного раствора перед употреблением готовят рабочий раствор: к 9 л теплой воды добавляют 1 л 10 %-ного основного раствора. Для дезинфекции водопойного инвентаря можно использовать хлорамин и другие препараты. Обязательно после дезинфекции водопойный инвентарь промывают чистой водой.

Таким образом, выполнение комплекса вышеуказанных мероприятий позволяет поддерживать технологического оборудования для водоснабжения и поения сельскохозяйственных животных в работоспособном состоянии и осуществлять их эффективную эксплуатацию.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аникин Ю.В. Насосы и насосные станции : учеб. пособие / Ю.В. Аникин, Н.С. Царев, Л.И. Ушакова ; [науч. ред. В.И. Аксенов]. – Екатеринбург : Изд-во Урал. федер. ун-та, 2018. – 138 с.

2. Бородин И.Ф. Автоматизация технологических процессов и системы автоматического управления: учебник для среднего профессионального образования / И.Ф. Бородин, С.А. Андреев. - 2-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 2017. – 356 с.

3. Васин А.Н. Агроинженерия. Основные термины и определения / Васин А.Н., Бочкарев П.Ю., Бралиев М.К. и др.; под общ. ред. Г.С. Гумарова. – Астана: Фолиант, 2018. – 544 с.

4. Гумаров Г.С., Алиханов Д.М. Современные технологии, машины и оборудования водоснабжения животноводства: учебник для вузов / Г.С. Гумаров, Д.М. Алиханов. – Уральск : Изд-во «Полиграфсервис», 2020. – 456 с.

5. Павлинова И.И. Водоснабжение и водоотведение: учебник и практикум для вузов / И.И. Павлинова, В.И. Баженов, И.Г. Губий. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2021. – 380 с.

## ВЛИЯНИЕ ОДНОРОДНОСТИ КОРМА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

*А.Ю. Конев, Н.В. Хольшев*

Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов, Россия

**Аннотация:** рассмотрены несколько технологических схем приготовления полнорационных кормов. Установлено, что каждая из них имеет в своем составе операцию по смешиванию, которая является неотъемлемой частью техпроцесса и реализуется при помощи смесителя кормов. Конечное качество смеси зависит во многом от характеристик применяемого оборудования. Совершенствование конструкций смесителей кормов является актуальной задачей.

**Ключевые слова:** смеситель, смешивание, полнорационные корма, технологический процесс смешивания, качество смеси, зоотехнические требования.

## THE EFFECT OF FEED UNIFORMITY ON THE PRODUCTIVITY OF FARM ANIMALS

*A.Y. Konev, N.V. Kholshchev*

Tambov State Technical University, Tambov, Russia

**Abstract:** several technological schemes for the preparation of complete feeds are considered. It is established that each of them has a mixing operation in its composition, which is an integral part of the technological process and is implemented using a feed mixer. The final quality of the mixture depends largely on the characteristics of the equipment used. Improving the designs of feed mixers is an urgent task.

**Keywords:** mixer, mixing, complete feed, mixing process, mixture quality, zootechnical requirements.

Продовольственная безопасность страны является важнейшей составляющей ее независимости. Причем под продовольственной безопасностью следует понимать не только непосредственную нехватку продовольствия из-за снижения зарубежных поставок, но и технологическую зависимость, то есть зависимости от импортных технологий и технических средств. Опасность технологической зависимости от других стран, в том числе, и в сельском хозяйстве признавалась на правительственном уровне уже давно. Так, «Доктриной продовольственной безопасности Российской Федерации на период до 2020 г.», было предусмотрено – «поэтапное снижение зависимости отечественного агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов от импорта технологий, машин, оборудования и других ресурсов» [3]. Но выполнить это требование к указанному сроку полностью не удалось [1]. С учетом существующей внешнеполитической обстановки эта проблема требует незамедлительного решения. Одним из путей выхода из данной ситуации является на первом этапе поиск доступных альтернатив оборудования, которое выпускается на данный момент с интенсификацией разработки и внедрения отечественного оборудования, соответствующего современным технологиям агропромышленного комплекса. Что также невозможно без дополнительного финансирования научно-исследовательских организаций и развития промышленной базы, позволяющей данное оборудование выпускать в требуемых объемах и соответствующего качества.

Одной из составляющих производства продукции животноводства является кормление сельскохозяйственных животных. Эта операция является трудоемкой и затратной, помимо выращивания корма необходимо производить его подготовку к скармливанию и раздачу. Эти операции также требуют значительного количества различного технологического оборудования. Для получения высокой продуктивности сельскохозяйственных животных необходимо обеспечить всеми необходимыми питательными веществами. Этого можно достичь только применением полнорационных кормовых смесей. Известно, что кормление качественными полнорационными смесями позволяет повысить продуктивности на 25...30 %, снизив при этом себестоимость продукции [5, 8].

Значительную долю в составе полнорационных кормовых смесей занимают комбикорма. В рационе птицы они должны составлять 95...100 %, свиней – 85...90%, крупного рогатого скота – 24...30 % [2]. Производство комбикормов осуществляется на комбикормовых заводах и в условиях хозяйств. В последнем случае стоимость комбикорма будет меньше за счет более дешевых своих кормовых компонентов, а также отсутствия транспортных расходов на доставку большого объема комбикорма и торговых наценок. Полнорационные кормовые смеси могут состоять из большого количества компонентов (чаще от 10 до 50) и большое влияние на эффективность их применения будет влиять равномерность распределения этих компонентов в порции смеси [5, 9]. К однородности распределения компонентов в корме существуют достаточно жесткие зоотехнические требования: для свиней – 85 %; для птицы – 90 %; для КРС – 80 % (с вводом карбамида – 90 %); для комбикормов собственного производства – 90...95 % [4]. Для обеспечения заданной однородности смеси, а также лучшей поедаемости корма применяются смесители кормов.

Известно несколько технологических схем производства комбикорма в условиях хозяйства [8]:

- последовательно-параллельная подготовка всех компонентов и одноразовое дозирование (классическая схема);
- формирование предварительных смесей зернового, белково-минерального сырья с повторным дозированием;
- формирование предварительных смесей зернового, белково-минерального сырья без повторного дозирования;
- прямоточный метод.

Каждая из этих технологических схем предусматривает операцию смешивания, а в некоторых эта операция выполняется несколько раз на разных этапах. Научными исследованиями установлено, что наиболее предпочтительна схема формирования предварительных смесей зернового, белково-минерального сырья с повторным дозированием (рис. 1) [8]. Данная технологическая схема предусматривает получение нескольких различных

смесей с учетом конкретных требований производства. В ней предусмотрено наличие нескольких смесителей. От их работы, в конечном счете, зависит качество смеси и эффективность применения корма.

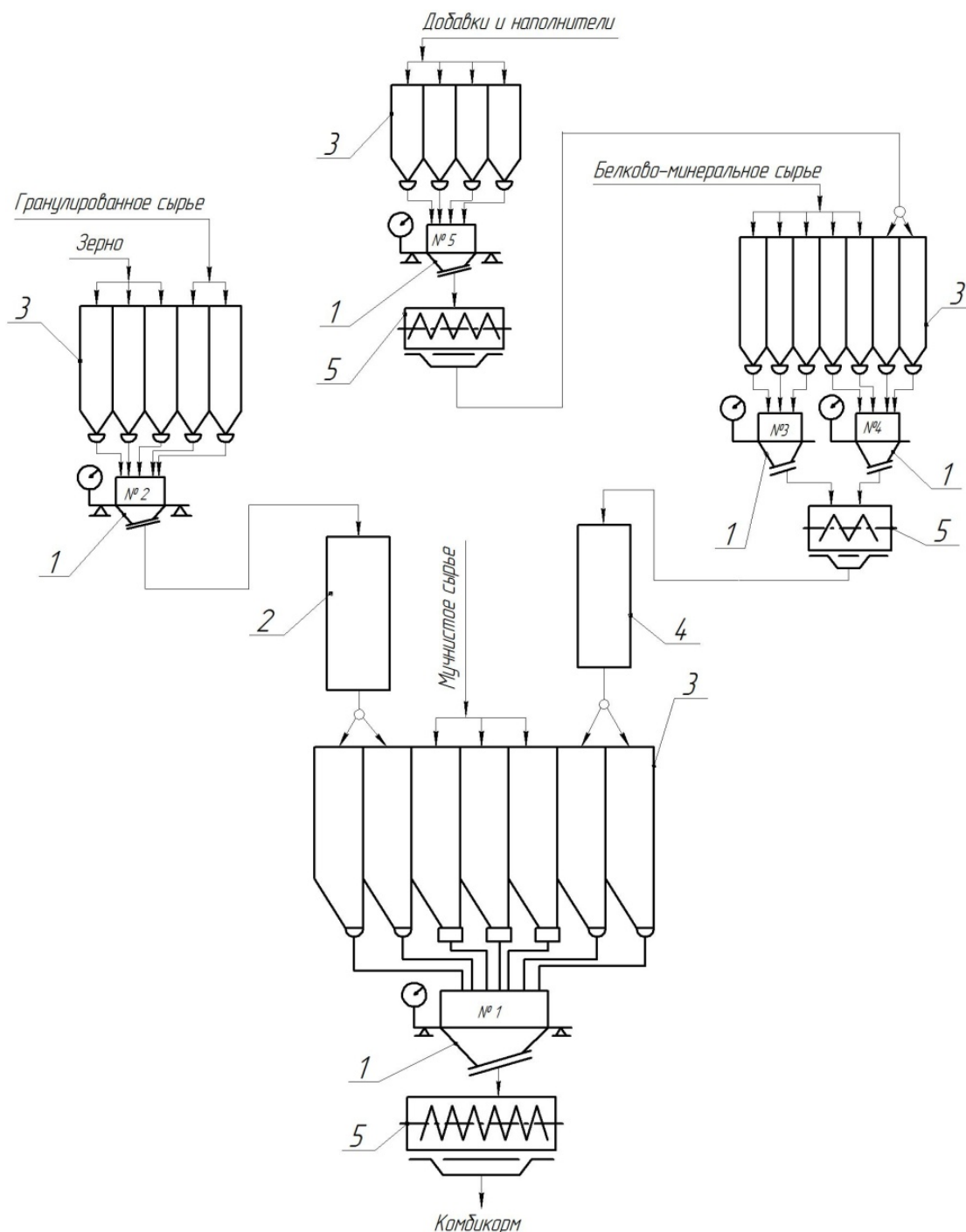


Рисунок 1. Технологическая схема приготовления комбикормов с формированием предварительных смесей: 1 – многокомпонентные весовой дозатор; 2 – обработка предварительной смеси; 3 – наддозаторные бункеры; 4 – обработка предварительной смеси белково-минерального сырья; 5 – порционный смеситель кормов



Качество комбикормов, даже производимых на комбикормовых заводах, не всегда является удовлетворительным. Так, по данным Всероссийского научно-исследовательского института физиологии, биохимии и питания сельскохозяйственных животных Россельхозакадемии, всего лишь 3 пробы, из 125 образцов комбикормов, взятых на 25 различных комбикормовых заводах, полностью соответствовали нормативным требованиям. Использование некачественных комбикормов привело к повышению затрат на производство продукции животноводства относительно нормативных на мясо птицы – в 1,3 раза, свиней – в 2 и крупного рогатого скота – в 2,5 раза [8].

Эти данные еще раз показывают важность операции смешивания при производстве полнорационных кормовых смесей. Повышение качества приготовления кормосмесей возможно, прежде всего, за счет применения современного технологического оборудования, произведенного на основе научных исследований. В настоящее время на рынке предоставлено большой ассортимент смесителей кормов, но не все они имеют соответствующие эксплуатационные показатели: невысокая однородность смеси, сложность конструкции, высокая удельная энергоемкость процесса приготовления смеси, большая продолжительность смешивания, сложность перенастройки на разный вид компонентов. С учетом дефицита импортной смесительной техники, вопрос разработки новых смесителей кормов, а также совершенствования существующих, становится еще более актуальным. Достичь этого возможно путем научного обоснования конструкций смесителей с учетом требований эксплуатирующих предприятий и с последующими всесторонними испытаниями в реальных условиях хозяйств.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анищенко А.Н., Шутьков А.А. Проблемы реализации Доктрины продовольственной безопасности России // Продовольственная политика и безопасность. – 2021. – Т. 8, № 1. – С. 9–22.

2. Ануфриев Б. Комплексное оборудование для производства комбикормов // Комбикорма. 2001. – №2. – С. 24–25.

3. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации на период до 2020 года. [Электронный ресурс]/ Url: <http://www.scrf.gov.ru/security/economic/document108/> (дата обращения: 27.03.2023).

4. Механизация и технология производства продукции животноводства / В.Г. Коба, Н.В. Брагинец, Д.Н. Мурсусидзе, В.Ф. Некрашевич – М.; Колос, 1999. – 528 с.

5. Орлов Е., Сурков К. Блочно-модульный комбикормовый агрегат // Комбикорма. – 2001. – № 3. – С. 29.

6. Пестис В.К. Кормление сельскохозяйственных животных. – Минск: ИФЦ Минфина, 2009. – 540 с.

7. Ревякин Е.Л., Пахомов В.И. Опыт освоения современных технологий и оборудования для внутрихозяйственных комбикормовых предприятий. – ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 80 с.

8. Хольшев Н.В. Совершенствование технологического процесса приготовления сухих рассыпных кормосмесей шнеколопастным смесителем: дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Хольшев Николай Васильевич; Мичуринск. – Тамбов, 2015. – 209 с.: ил.

## ПРОБЛЕМЫ ХИМИЧЕСКОГО КОНСЕРВИРОВАНИЯ СЕНА С ПОВЫШЕННОЙ ВЛАЖНОСТЬЮ

*И.В. Левина, И.Ю. Тюрин, А.А. Лушников*

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

**Аннотация:** в статье рассматривается внедрение методов и средств, установленных качественных параметров функционирования мобильных опрыскивателей, обеспечение их технологической работоспособности позволяют повысить качество работы опрыскивателя, снизить простои агрегата, снизить затраты на дорогостоящие препараты для защиты растений, исключить вред, причиняемый культурным растениям от передозировки химикатами, как следствие повысить питательность заготавливаемого корма.

**Ключевые слова:** способ, химический, консерванты, конструкция, типы.

## PROBLEMS OF CHEMICAL PRESERVATION OF HAY WITH HIGH HUMIDITY

*I.V. Levina, I.Y. Tyurin, A.A. Lushnikov*

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

**Abstract:** the article discusses the introduction of methods and means, established qualitative parameters of the functioning of mobile sprayers, ensuring their technological operability, which can improve the quality of the sprayer, reduce unit downtime, reduce the cost of expensive plant protection drugs, eliminate the harm caused to cultivated plants from an overdose of chemicals, as a consequence, increase the nutritional value of harvested feed.

**Keywords:** method, chemical, preservatives, construction, types.

Химическое консервирование сена – это процесс, который позволяет сохранить корм в течение длительного времени. Однако, при повышенной влажности сена, этот процесс становится намного сложнее и может вызвать ряд проблем [3, 5–8].

Одной из главных проблем является развитие плесневых грибов. При повышенной влажности, сено становится идеальной средой для размножения плесневых грибов, которые могут привести к потере питательных веществ и к возникновению опасных для здоровья животных токсинов.

Кроме того, при химическом консервировании сена с повышенной влажностью, может возникнуть проблема неоднородности консервации. Это означает, что части сена могут быть хорошо консервированы, а другие – нет. Это может привести к неравномерному распределению питательных веществ и к необходимости выбраковки части корма.

Еще одной проблемой является выделение аммиака. При химическом консервировании сена с повышенной влажностью, может происходить выделение аммиака, который является токсичным для животных. Это может привести к ухудшению качества сена и к возникновению заболеваний у животных.

Чтобы избежать этих проблем, необходимо принимать меры по снижению влажности сена. Например, можно использовать специальное оборудование для сушки сена или проводить консервирование на более ранней стадии сбора урожая, когда влажность сена еще не достигла критической отметки.

К задачам исследований можно отнести:

1. Провести анализ существующих конструкций опрыскивателя;
2. Модернизировать опрыскиватель путем установки на роботизированную платформу;
3. Исследование параметров: диаметр распыления и дальность размещения опрыскивателя от объекта обработки.

Объемную дезинфекцию или аэродезинфекцию проводят приборами, преобразующими в туман жидкие обеззараживающие средства. Аппараты бывают ручными, механизированными, автоматическими. Все оснащены насадками с пульверизатором и работают по принципу аэрозольного баллончика (табл. 1) [1, 2, 4]. Рабочий раствор подается под давлением из емкости, рассеивая внутри помещения мелкодисперсные капли диаметром 1–35 микрометров.

Таблица 1 – Типы аэрозольных распылителей для дезинфекции помещений по строению

Конструкция	Описание генератора аэрозоля	Популярные модели распылителя, производитель
Ранцевый опрыскиватель	Распылитель носят как рюкзак, имеет резервуар для жидкости, соединен шлангом с пульверизатором, бывает ручным, аккумуляторным, бензиновым	«Автоматс АО-2» (Россия)
Электрический	Напольный, мобильный, работает только при включении в электросеть	Аэрозольные пушки «ЦАГ», «Радуга тумана» ИП Колногоров М. Ю.
Ручной	Малогабаритный, переносится в руке, пульверизатор пластиковый с резервуаром до 3 л	Merkury Super V-1S, Kvazar (Польша)
Аккумуляторный	Передвижной или переносной, работает от литиевой батареи	PulvElectric-S, SekoOP-20AT, Union
Автоматический	Стационарный (напольный, подвесной) или передвижной, программируется время и длительность дезинфекции либо управляется дистанционно	Система для дезинфекции компании AuraTech Мобильный гигиенический центр «МГЦ», АСКМ
Полуавтоматический	Мобильный распылитель, в ручном режиме выставляется время работы, запускается после нажатия кнопки	«Ультраспрейер Р-60 М», Растер
Пневматический, компрессионный	Аэрозоль подается под давлением сжатого воздуха, атмосфера внутри емкости нагнетается насосом	KvazarVenusPro +, Квазар

Также, при химическом консервировании сена с повышенной влажностью, необходимо выбирать правильные консервирующие агенты. Некоторые агенты могут быть неэффективными при высокой влажности и могут привести к развитию плесневых грибов и других проблем.

Таким образом, химическое консервирование сена с повышенной влажностью может вызвать ряд проблем, таких как развитие плесневых грибов, неоднородность консервации и выделение аммиака. Однако, с помощью правильного выбора консервирующих агентов и мер по снижению влажности, эти проблемы могут быть устранены.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент RU 2 592 904 Самоходный робот-опрыскиватель для обработки растений земляники и других низкорастущих культур. Измайлов А.Ю., Филиппов Р.А., Хорт Д.О., Смирнов И.Г., Гришин А.А., Гришин А.П., Марченко Л.А. Опубликовано 27.07.2016 г.

2. Патент SU 1 531 941 Самоходный опрыскиватель. Иоселиани Мамия Васильевич. Опубликовано 30.12.1989 г.

3. Юлдашев В.Э. Пути контроля качества сушки при заготовке сельскохозяйственных культур // И.Ю. Тюрин, В.Э. Юлдашев, А.Д. Шарашов, М.Д. Шарашов, Д.С. Трушин // В сборнике: Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники. Материалы Международного научно-технического семинара имени В.В. Михайлова. 2019. С. 152–154.

4. Патент RU 197785 Опрыскиватель самоходный. Щербаков Ю.А. Опубликовано 28.05.2020 г.

5. Патент RU 123630 Опрыскиватель. Измаилов А.Ю., Козлов И.Б., Романов Г.В., Пакшвер С.Л., Козлова А.И., Щербакова С.А., Федотова С.В. Опубликовано 10.01.2013 г.

6. Юлдашев В.Э. Использование теплового излучения для обезвоживания и термообработки продуктов растениеводства // И.Ю. Тюрин, В.Э. Юлдашев, А.Д. Шарашов, Н.Е. Лузгин, В.В. Утолин // В сборнике: Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России. Материалы Национальной научно-практической конференции. 2019. С. 444–448.

7. Современные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса. Сборник статей по итогам международной научно-практической конференции. – Саратов: Амирит.– 2019. – 808 с.

8. Тимаков Д.В. Условия совершенствования технологии сушки продуктов растениеводства // Тимаков Д.В., Тюрин И.Ю. // В сборнике: Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники. Материалы 30-го международного семинара им. В.В. Михайлова. 2017. С. 65–67.

УДК 631.311.86

## ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ УДАЛЕНИЯ И ПОГРУЗКИ ПОЧВЫ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕПЛИЦАХ

*А.В. Левченко*

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

**Аннотация:** в статье представлен анализ технических средств, применяемых при удалении санитарного слоя почвы, из теплиц. Установлено, что специализированных машин для удаления санитарного слоя почвы в теплицах серийно не выпускают и обоснована необходимость в разработки машины непрерывного действия, которая повысит производительность и сократит общие затраты.

**Ключевые слова:** теплицы, машины, технические средства, почва, удаление, погрузка.

## TECHNICAL MEANS FOR REMOVING AND LOADING SOIL IN INDUSTRIAL GREENHOUSES

*A.V. Levchenko*

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

**Abstract:** the article presents an analysis of the technical means used to remove the sanitary soil layer from greenhouses. It is established that specialized machines for removing the sanitary layer of soil in greenhouses are not mass-produced and the need for the development of a continuous machine that will increase productivity and reduce overall costs is justified.

**Keywords:** greenhouses, machines, technical means, soil, removal, loading.



Процесс удаления санитарного слоя почвы из теплицы является наиболее энергоёмким процессом среди всех остальных операций. Большое значение имеет выбор технических средств и машин, используемых для выполнения данной операции. От их производительности, экономичности и эффективности зависит сокращение общего объёма производственных затрат на выращивание готовой продукции.

Важно отметить, что в настоящее время специализированных машин для удаления почвы из теплиц не существует и, следовательно, они серийно не выпускаются. Для механизации данного процесса применяют переоборудованные и приспособленные технические средства или машины из других областей сельскохозяйственного производства – тракторные агрегаты (агрегат с мобильной навеской АМН-Ф-20), бульдозеры и бульдозерные навески (БН-1), малогабаритные погрузчики. Одним из главных требований тепличного производства к ним – малогабаритные размеры, так как они должны работать в ограниченном пространстве тепличных помещений [1–4].

Основными недостатками машин, оснащенных рабочими органами периодического действия, являются:

- низкая производительность и высокая энергоёмкость за счёт необходимости многократного заезда в теплицу, что ведет к увеличению затрат топлива;

- многократность заездов приводит к повышенному уплотнению почвы, если требуется снятие части слоя, что в последствии сказывается на выращивании растений – уменьшается воздухоёмкость и влагоёмкость грунта.

Наиболее применяемым в тепличном производстве является ковшовый погрузчик ПКУ-0,8, универсальный самопогрузчик СУ-Ф-0,4 и фронтальные погрузчики периодического действия различных марок: LA 1251 фирмы «Kubota Corporation» (Япония), FEL-300KS фирмы Dongfeng (Китай) [5–7].

Кроме погрузчиков периодического действия, для удаления почвы возможно использование погрузчиков непрерывного действия различных конструкций, например, многоковшовый погрузчик Д-452; погрузчик непрерывного действия ПНД-250 [8, 9].

Для условий тепличного производства могут приспособиваться машины, используемые для разгрузки сыпучих грузов: погрузочно-разгрузочные машины МВС-3М и МВС-4М, МГУ [10].

Основными недостатками машин, оснащённых рабочими органами непрерывного действия, являются:

- большая металлоёмкость и габариты, что затрудняет работу в ограниченном пространстве теплиц;
- сложное устройство, что увеличивает затраты на изготовление и ведет к высоким эксплуатационным расходам;
- параметры рабочих органов не адаптированы к физико-механическим свойствам почвы в теплицах, а обоснованы для работы в иных условиях и с иными грузами, все это снижает производительность и увеличивает энергоёмкость процессов.

Удаление почвы из помещения теплицы возможно выполнять самоходными и прицепными скреперами отечественного и зарубежного производства (самоходный скрепер Д-392, прицепной скрепер J280 фирмы MONTEFIORI (Италия)) [11, 12].

Основными недостатками машин, оснащенных рабочими органами скреперного типа, являются:

- не возможность использования в теплицах из-за больших габаритов и большей площади, требуемой для маневрирования;
- высокая металлоёмкость и расход топлива, так как эти машины предназначены для работы с грузами, имеющими много большую плотность, чем тепличная почва;
- ограниченный объём ковша не позволяет за один проход срезать весь слой почвы в пролете блока теплицы, что влечёт за собой многократность заездов и снижение производительности.

Возможно использовать для удаления почвы в теплицах одноковшовые погрузчики напорного действия, главное отличие которых внедрение ковша в штабель груза производится напорным движением ходового колесного или

гусеничного механизма, иными словами, за счёт привода ходового устройства. Одноковшовые электропогрузчики напорного действия предназначены для грузов с насыпным весом не более 2,5 т/м<sup>3</sup>, например, у погрузчика УПМ-6 максимальная грузоподъёмность 750 кг, максимальная высота подъёма ковша с грузом – 1,6 м [5].

К общим недостаткам погрузчиков данного типа можно отнести:

– частичное заполнение ковша, что происходит из-за того, что задняя стенка ковша при внедрении упирается в бурт почвы, что препятствует более полному заполнению ковша с одного-двух заходов;

– сложность конструкции – большое число звеньев и механизмов, подверженных износу;

– большие габариты и общая громоздкость всей машины препятствует нормальной работе в ограниченном пространстве теплицы;

– днище и кромки боковых стенок ковша образуют большой угол, который препятствует глубокому внедрению ковша в бурт почвы.

Проведенный анализ технических средств для удаления и погрузки почвы позволил установить, что специализированных технических средств для работы в теплицах серийно не производится. Применяются технические средства из различных отраслей производства. Поскольку параметры рассмотренных машин обоснованы для других условий применения, то при их использовании в тепличном производстве имеет место низкая производительность, высокие затраты ресурсов, частичное применение ручного труда. Необходимо разработать машину, применение которой повысит производительность и сократит общие затраты.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбатов А.В. Развитие рынка органической продукции в России // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 11-1. – С. 154–158. Режим доступа: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=40945> /, свободный.

2. Аутко А.А. Тепличное овощеводство / А.А. Аутко, Н.Н. Долбик, И.П. Козловская. Минск: УП «Технопринт», 2003. 255 с.
3. Тараканова Г.И. Овощеводство защищенного грунта / Г.И. Тараканова, А.В. Борисов, Климов В.В. – М.: Колос, 1984. – 272 с.
4. Родина А.Г. Машины и технологическое оборудование ферм и комплексов для крупного рогатого скота, свиней, птиц и овец. Часть 1 : учебно-методическое пособие по выполнению лабораторно-практических занятий / А.Г. Родина, Е.Т. Русяева, В.А. Борознин. – Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2015. – 108 с. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/615237>, свободный.
5. Справочник механика открытых работ. Экскавационно-транспортные машины непрерывного действия / под ред. М.И. Щадова и В.М. Владимирова. Москва: Недра, 1989.
6. Kubota [Электронный ресурс]. Каталог - Электрон. дан., Режим доступа: <https://kubota.ru.com/products/spectehnika/>, свободный.
7. Dongfeng [Электронный ресурс]. Каталог - Электрон. дан., Режим доступа: <https://dongfengmotor.ru/>, свободный.
8. AGRI-TECH [Электронный ресурс]. Каталог - Электрон. дан., Режим доступа: <https://agri-tech.ru/catalog/20/0/0/tech85.html/>, свободный.
9. Епифанова С.П. Машины для земляных работ / под ред. С.П. Епифанова. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1981. 352 с.
10. Экскаваторы и комплексы непрерывного действия для открытых горных работ. Отраслевой каталог 18-4-88. М. ЦНИИТЭИтяжмаш, 1988. 112 с.
11. Справочник механика открытых работ. Экскавационно-транспортные машины непрерывного действия / под ред. М. И. Щадова и В. М. Владимирова. Москва: Недра, 1989.
12. Montefiori [Электронный ресурс]. Каталог - Электрон. дан., Режим доступа: <https://www.montefiori.net/ru/scraper-j280.php/>, свободный.

УДК 631.861

## КОНСТРУКЦИЯ МЕХАНИЗИРОВАННОГО УСТРОЙСТВА ПО ПРОИЗВОДСТВУ ВЕРМИКОМПОСТА

*С.А. Макаров, Е.Е. Демин, А.В. Данилин, И.В. Шишкин*

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

**Аннотация:** в данной работе проанализировано влияние органических удобрений на производство сельскохозяйственной продукции. Проведён анализ существующих устройств по производству удобрений и представлены их основными достоинства и недостатками. Для совершенствования технологического процесса производства высококачественного органического удобрения (вермикомпоста) в статье предлагается конструкция технического устройства и его работа.

**Ключевые слова:** вермикомпост, удобрение, органическое удобрение, сельское хозяйство, техническое устройство.

## THE DESIGN OF A MECHANIZED DEVICE FOR THE PRODUCTION OF VERMICOMPOST

*S.A. Makarov, E.E. Demin, A.V. Danilin, I.V. Shishkin*

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

**Abstract:** in this paper, the influence of organic fertilizers on the production of agricultural products is analyzed. The analysis of existing devices for the production of fertilizers is carried out and their main advantages and disadvantages are presented. To improve the technological process of production of high-quality organic fertilizer (vermicompost), the article proposes the design of a technical device and its operation.

**Keywords:** vermicompost, fertilizer, organic fertilizer, agriculture, technical device.

Тепличное овощеводство активно развивающийся сегмент агропромышленного комплекса. В рамках политики продовольственной безопасности ему уделяется большое внимание, так согласно «Постановлению Правительства РФ № 695 от 18.04.2022г» были выделены субсидии на стимулирование увеличения производства картофеля и овощей. Данный проект осуществляется в рамках Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия [1].

В Саратовской области тепличное производство в фермерских хозяйствах имеет значительные перспективы развития. Всё больше товаропроизводителей интересуются этим направлением производства, однако они сталкиваются с рядом проблем, одна из которых – это применение удобрений в условиях закрытого грунта.

Вещества, которые могут быть применены в качестве удобрений можно разделить на четыре большие группы, но рассмотрим сейчас две из них как самые распространённые, это органические и минеральные удобрения.

Минеральные удобрения представляют собой химические соединения, содержащие необходимые элементы питания для растений. Каждый тип растения требует разных пропорций элементов питания для оптимального роста и производительности. Для определения нужных пропорций минеральных удобрений необходимо провести анализ почвы на содержание элементов питания. При использовании минеральных удобрений необходимо следить за их дозировкой, чтобы избежать перенасыщения почвы отдельными элементами.

Основным недостатком их применения является то, что в почве накапливается ряд химических элементов. Они аккумулируются в растениях, а в дальнейшем и продуктах питания. При длительном использовании минеральных удобрений количество гумуса в почве снижается, что приводит к уменьшению плодородия почвы и как следствие понижается урожайность.

Органические удобрения являются неотъемлемой частью сельского хозяйства. Они состоят из множества компонентов, включая навоз, компостируемые растительные отходы и животный помет. Эти компоненты обогащают почву необходимыми питательными веществами, такими как азот, фосфор и калий, которые обеспечивают здоровый рост растений. Использование органических удобрений также улучшает структуру почвы, увеличивает её водопроницаемость и способствует более высокому урожаю.

Органические удобрения также могут помочь снизить затраты на сельскохозяйственное производство в долгосрочной перспективе. Они могут уменьшить необходимость покупки дорогостоящих химических удобрений и пестицидов, что может значительно снизить затраты на производство. Кроме того, органические удобрения могут помочь улучшить качество почвы, что может привести к увеличению урожайности и доходности сельскохозяйственного производства. Кроме того, они могут быть произведены на месте, что снижает затраты на транспортировку и уменьшает загрязнение окружающей среды [2].

Среди органических удобрений выделяется «Вермикомпост». Вермикомпост – это органическое удобрение, получаемое из переработки органических отходов с помощью вермикультуры. Этот процесс позволяет получить высококачественное удобрение, содержащее большое количество полезных микроэлементов, ферментов и гумуса. Использование вермикомпоста, оказывает положительное влияние на свойства почвы, улучшая её физико-химические и биологические характеристики. По сравнению с навозом, вермикомпост не содержит семян сорных растений, и его положительное действие на растения сохраняется в течение нескольких лет. Использование вермикомпоста приводит не только к повышению урожайности, но и к улучшению качества продукции, так как количество сахара в корнеплодах, крахмала в клубнях и витаминов в овощах, фруктах и ягодах увеличивается.

При использовании вермикультуры в биотехнологии возможно достижение нескольких основных целей в сельском хозяйстве. Органические материалы подвергаются глубокой переработке, проходят структурные изменения и разлагаются до аминокислот. Это обогащает материалы полезной микрофлорой и другими биологически активными веществами, которые подавляют болезнетворную микрофлору. Таким образом, возможно повышение плодородия почвы, поддержание благоприятного баланса гумуса и сохранение энергетического потенциала почвы, доведение запасов доступных элементов питания до оптимального уровня и утилизация органических отходов.

Известно, что азот содержащийся в вермикомпосте, усваивается растениями более чем на 95 %, в то время как минеральные удобрения, содержащие азот, лишь на 30–40 % [3]. Органические материалы проходят более полную переработку вермикультурой, подвергаются глубоким структурным изменениям, разлагаются до аминокислот, обогащаются полезной микрофлорой и другими биологически активными веществами, которые подавляют болезнетворную микрофлору.

Известны различные технические устройства и средства по получению вермикомпоста. Они относятся к устройствам для получения экологически чистого удобрения вермикомпоста на основе переработки органических отходов растительного и животного происхождения с помощью вермикультуры. Среди различного множества устройств можно выделить ряд недостатков, которые не позволяют повсеместно использовать данное удобрение в сельском хозяйстве [4]. Часть из них нам удалось исправить в новом техническом устройстве по производству вермикомпоста.

Данное техническое устройство имеет средства механизации для выполнения технологических операций при производстве вермикомпоста, а именно изъятию готового слоя органического удобрения. Помимо этого, оно выполнено из секций, что позволяет варьировать его размеры его размеры в пределах от двух до десяти метров. Прочность конструкции и оптимальная



материалоёмкость позволяет применять данное устройство по производству вермикомпоста в различных сферах сельского хозяйства.

Устройство для производства вермикомпоста, устройство содержит секцию 1, нижнее основание 2, которое представляет перфорированную поверхность с равноудаленными отверстиями, стенки и нижнее основание секции поддерживаются опорами 3, кроме того на нижнем основании 2 установлен нож, выполненный сварным из лезвия 4 и направляющих 5, кроме того механизм, приводящий в движение нож, состоит из мотора-редуктора 6, в который вмонтированы два вала 7 со шкивами, натягивающими канат, при этом скорость прохождения ножа регулируется с помощью управляющего устройства 8. Причём на задней стенке секции закреплена ось 9 с канатами. На разработанное устройство для производства биогумуса получен патент РФ на полезную модель №208013 [4].

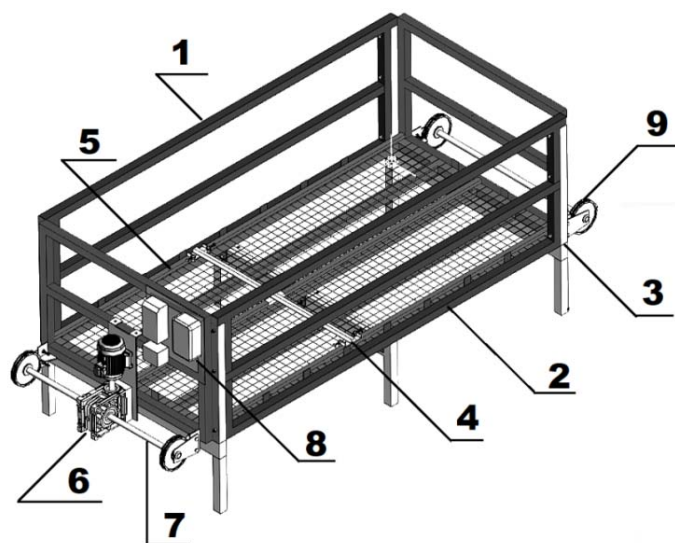


Рисунок 1. Вермиинкубатор с техническим средством для извлечения вермикультуры

Технологический процесс предложенным устройством осуществляется следующим образом. В секцию 1 загружается субстрат. В субстрат заселяют вермикультуру. Для получения биогумуса в помещении, где установлено устройство, поддерживают определённую температуру и влажность субстрата. При готовности вермикомпоста нижний слой его в секции 1 срезается ножом,

выполненным сварным из лезвия 4 и направляющих 5, который приводится в движение с помощью мотор-редуктора 6, в который вмонтированы два вала 7 со шкивами, натягивающими канат и ось 9 с канатами, при этом скорость прохождения ножа регулируется с помощью управляющего устройства 8. Далее процесс повторяется.

Для внедрения в производства разработанного технологического процесса и технического устройства для получения вермикомпоста необходимо совершенствовать технологический процесс и получение рациональных параметров и режимов работы данного устройства.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Постановление Правительства РФ № 695 от 18.04.2022 г.
2. Изменение гумусного состояния пахотных почв красноярского края под действием вермикомпоста / О.В. Сенкевич // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2017. – № 9. – С. 166-174. – ISSN 1819-4036. – Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/journal/issue/302785>.
3. Сельскохозяйственная экология (в аспекте устойчивого развития): учебное пособие / сост. А.Н. Есаулко, Т.Г. Зеленская, И.О. Лысенко [и др.] ; Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь, 2014. – 92 с. – Текст : электронный. – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/514624>.
4. Анализ существующих технических средств и способов производства вермикомпоста / Е.Е. Демин, С.А. Макаров, А.В. Данилин, И.В. Шишкин, С.Ю. Степанов // материалы XXXV Международной научно-технической конференции имени В.В. Михайлова – 2022. – № 35. С. 255–265. – eLIBRARY ID: 50237242. – Текст: электронный. – Режим доступа : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50237242>.
5. Пат. 208013 РФ, МКИ С 05 F 3/06, А 01 К 67/033. Устройство для производства биогумуса. // С.А. Макаров, А.В. Данилин, И.В. Шишкин, Р.А. Денисов. Заявлено 07.11.2021; Оpubл. 29.12.2021.

УДК 631.33.004. (075.05)

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СЕЯЛКА - CONDOR  
(АО «ЕВРОТЕХНИКА», Г. САМАРА) ДЛЯ ПОСЕВА ЗЕРНОВЫХ  
ПРИ НЕДОСТАТОЧНОМ УВЛАЖНЕНИИ**

***В.А. Милюткин***

Самарский государственный аграрный университет,  
г. Кинель, Россия

**Аннотация:** рассмотрена гребне-бороздковая технология, обеспечиваемая сеялкой CONDOR (АО «Евротехника, г. Самара) при посеве зерновых культур в борозды, формируемые долотовидными сошниками и индивидуальными прорезиненными каточками с возможно-максимальным использованием имеющейся влаги в нижних слоях почвы, что обеспечивает более благоприятные условия для всходов семян и их развития. Оценка качества посевов подтверждает преимущества данной технологии-особенно при недостаточном почвенном увлажнении и применяемых влагосберегающих технологий «No-Till», «Mini-Till», «Strip-Till», что важно для многих регионов РФ с «рискованным» земледелием и особенно это важно при посеве озимых культур, с необходимым активным их развитием-кущением для надежной перезимовки, весенне-летнего развития и получения высокой урожайности.

**Ключевые слова:** посев, озимые, влага, дефицит, сеялка, сошники, долотовидные, индивидуальные катки, развитие.

**INNOVATIVE TECHNOLOGIES AND THE CONDOR SEEDER  
(EUROTECHNIKA JSC, SAMARA) FOR SOWING GRAIN  
WITH INSUFFICIENT MOISTURE**

***V.A. Milyutkin***

Samara State Agrarian University, Kinel, Russia

**Abstract:** the comb-furrow technology provided by the CONDOR seeder (Eurotehnika JSC, Samara) is considered when sowing grain crops in furrows formed by chisel-shaped coulters and individual rubberized rollers with the maximum possible use of available moisture in the lower layers of the soil, which provides more favorable conditions for seed germination and their development. The assessment of the quality of crops confirms the advantages of this technology-especially with insufficient soil moisture and the applied moisture-saving technologies "No-Till", "Mini-Till", "Strip-Till", which is important for many regions of the Russian Federation with "risky" agriculture and this is especially important when sowing winter crops, with the necessary active development-tillering for reliable overwintering, spring-summer development and obtaining high yields.

**Keywords:** sowing, winter crops, moisture, shortage, seeder, coulters, chisels, individual rollers, development.

Российская Федерация на сегодняшний день является одним из лидеров в Море, экспортирующих сельскохозяйственную продукцию, и в первую очередь – пшеницу. С учетом многообразия почвенно-климатических условий страны – наиболее эффективной из зерновых культур является озимая пшеница, гарантирующая высокие урожаи с хорошими продовольственным качеством продукции-даже при недостатке влаги. Несмотря на ограничения по влажности, особенно в Поволжье, озимые - зерновые возделываются на площади более 17 млн. га, что составляет 22% от всей посевной площади. Площадь озимых в ПФО составляет более 4 млн. га из 17 млн. га - или - 23%, в Самарской обл. – озимые занимают первое место – около 63 % посевных площадей, что свидетельствует о чрезвычайной важности данной культуры в АПК как России, так и регионов. Многолетняя более 20-летняя совместная научно-исследовательская и внедренческая работа Самарского ГАУ с фирмой АО «Евротехника» по многим ее сельскохозяйственным машинам и в первую очередь по сеялкам [1–11] как для традиционных технологий, так и для энерго-влагосберегающих – No-Till, Mini-Till [4], позволяет нам рекомендовать для каждого конкретных почвенно-

климатических условий и культур наиболее эффективные посевные агрегаты. На сегодняшний день это, по нашим исследованиям [10–11], для энерго- влаго-сберегающих технологий одной из наиболее эффективных является сеялка Condor шириной захвата 12 и 15 метров (рис. 1), с часовой производительностью 7–25 га/час при рабочей скорости до 14 км/час. Конструктивно-технологической особенностью данной сеялки являются долотовидные сошники и прикатывающие пневматические индивидуальные катки (см. рис. 1).



Рисунок 1. Сеялка CONDOR при посеве озимой пшеницы по Mini-Till

Прицепная сеялка Condor выполняет посев долотовидными высевающими сошниками ConTeC pro с индивидуальной подвеской с междурядьями 25 см и 31,3/33,3 см с их прикатыванием, что самое важное для улучшения контакта высеянных семян с почвой, за счет подъема из нижних почвенных слоев капиллярной влаги, что способствует дружному и раннему появлению всходов, которые в дальнейшем попадают под естественные осенние осадки и получают благоприятные условия для кущения и закладывания хорошего урожая. Данное сочетание долотовидного сошника и опорного прорезиненного каточка создает профильную поверхность поля, где в бороздах всходят и развиваются растения, защищенные от ветра и иссушения гребнями почвы. Так что с использованием данной сеялки возможны интенсивные технологии возделывания зерновых в засушливых регионах с континентальным климатом и в целом – при



прогнозируемом глобальном потеплении. При ширине захвата 12 м и 15 м и объёме секционного напорного бункера 8.000 л – сеялка CONDOR обеспечивает большую производительность и высокое качество посева, даже при недостатке влаги, и при малом тяговом сопротивлении - значительную производительность.

В Поволжском регионе (Самарская обл.) и некоторых других регионах РФ посев зерновых, особенно озимых культур, являющихся основным при производстве зерна, проводится как правило при критическом, недостаточном увлажнении почвы. Заделка семян в почву оптимальная – 4–6 см, при этом семена должны располагаться во влажном слое, что сложно обеспечить при пересохшем верхнем слое почвы, в связи с чем агрономы устанавливают более глубокую заделку семян – до 10–12 см – до влажного слоя почвы, что затрудняет прорастание семян и их большую изреженность. Данную проблему решает сошниковая группа сеялки Condor, когда долотовидные сошники даже установленные для высева семя на 10–12 см во влажную почву при проходе часть почвы отбрасывают из борозды, образуя гребень, при этом семена размещаются на дне более увлажненной борозды, создавая наиболее благоприятные условия для их прорастания, а движущее за сошником опорное прорезиненное колесо уплотняет осыпавшую почву и формирует борозду-гребень, семена при этом оказываются заделанными на оптимальную глубину 4–6 см во влажный слой с хорошим контактом с почвой и прорастают достаточно быстро, что обеспечивает их хорошую подготовку для перезимовки за счет оптимального кущения (рис. 4).

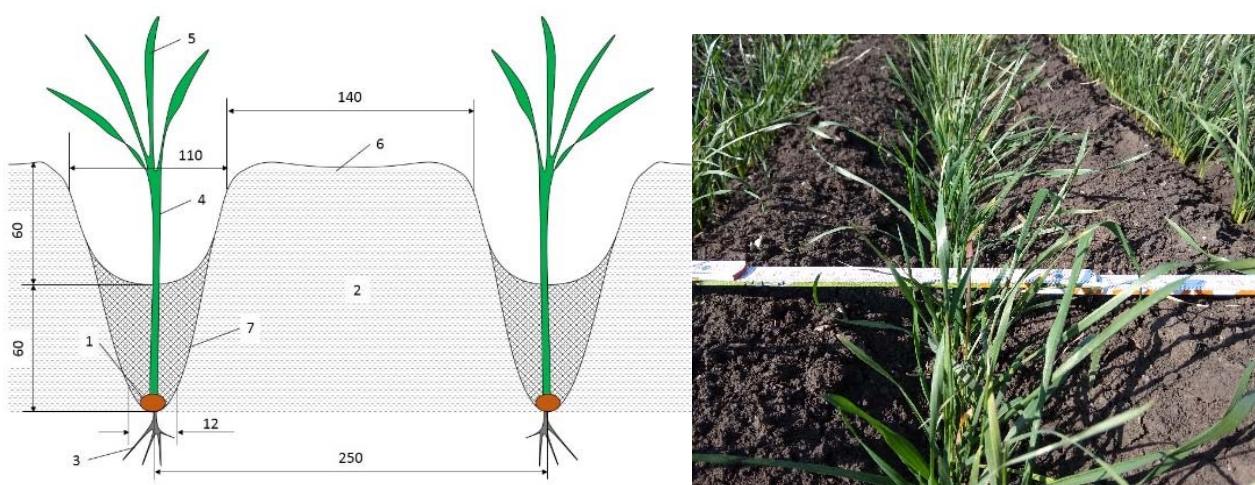


Рисунок 2. Аналитический и практический профили посева сеялкой CONDOR

Данные отличные производственные посевы озимой пшеницы сеялкой Condor 15000 мы наблюдали в агропредприятии «Али» в Красноармейском районе Самарской области при работе одной из первых сеялок CONDOR (рис. 3).



а)



б)

Рисунок 3. Посевы озимой пшеницы в агропредприятии «Али» Красноармейского района Самарской области, посеянные сеялкой CONDOR: а) – 3.10.2019 г., б) – отлично-перезимовавшие посевы – 15.04.20 г.

Урожайность озимой пшеницы в год исследований, типичный для зоны Поволжья с недостаточным увлажнением, сорта «Ресурс», посеянной сеялкой CONDOR, составила по нашим наблюдениям 49 ц/га, что на 8–10% была выше по сравнению с традиционными технологиями, применяемыми в Самарской обл. Исторический опыт возделывания зерновых культур-озимой пшеницы в Самарской обл. свидетельствовал в прошлом о предпочтительности гребне-рядовой технологии сеялки СЗС-2,1 СЗС-6 (рис. 4).

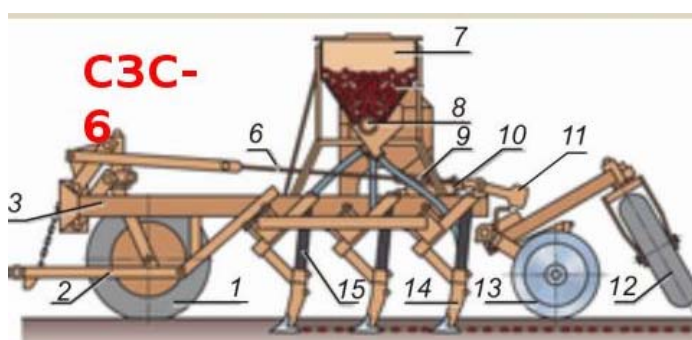
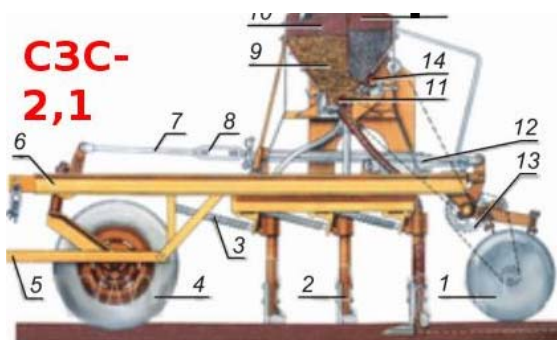


Рисунок 4. Аналогичные Condor по технологии сева сеялки СЗС-2,1; СЗС-6 (открытые источники)

Таким образом в настоящее время вместо ранее выпускаемых сеялок СЗС-2,1 и СЗС-6 аграриям Самарской области и РФ поставляется и эффективно применяется инновационная сеялка «Condor» АО «Евротехника» [10–11].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зыкин Е.С., Курдюмов В.И. Обоснование технологических параметров и режимов работы сошниковой группы гребневой сеялки. Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук, 2014, № 3. С. 58–61.

2. Поляков Г.Н., Шуханов С.Н., Косарева А.В. Совершенствование технических средств для возделывания яровых зерновых культур с разработкой сеялки для посева в гряды. Пермский аграрный вестник, 2022, № 2 (38). С. 33–41.

3. Джабборов П.Н. К вопросу разработки универсальной сеялки для посева семян зерновых и овощных культур на гребнях и грядах. Доклады ТАСХН, № 2 (28), Душанбе, 2011, С. 73–76.

4. Милюткин В.А., Буксман В.Э., Канаев М.А. Высокоэффективная техника для энерго-, влаго-, ресурсосберегающих мировых технологий Mini-Till, No-Till в системе точного земледелия России// Монография, – Кинель: РИО Самарской ГСХА, 2018, 182 с. (33).

5. Милюткин В.А., Соловьев С.А., Макаровская З.В. Оптимизация машинно-тракторного парка агропредприятия при выборе сельхозмашин (сеялок) по основным технико-технологическим показателям // Известия Оренбургского государственного аграрного университета, № 4 (66), 2017, С 122–124. (64).

6. Милюткин В.А., Стребков Н.Ф., Соловьев С.А., Макаровская З.В. Технические решения для технологий No-Till и Strip-Till // Известия Оренбургского государственного аграрного университета, № 6 (50), 2014, С. 61–63. (67).

7. Буксман В.Э., Милюткин В.А., Тлпекин С.А. Эффективный посев подсолнечника немецкими пропашными и зерновыми сеялками компании



«AMAZO-NEN-Werke» // В сборнике: Инновационные инженерно-технические обеспечения производственных процессов и технологических систем – материалы международной научно-практической конференции, 2018, С. 37–42.

8. Милюткин В.А., Буксман В.Э. Эффективная комплектация агропредприятий высокотехнологичными и высокопроизводительными сеялками фирмы «AMAZONEN-Werke», АО «Евротехника» (Германия, Россия – г. Самара). В сборнике: Пути повышения эффективности аграрной науки в условиях импортозамещения. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию дагестанского государственного аграрного университета имени М.М. Джамбулатова, 2017, С. 282–289. (8).

9. Милюткин В.А., Цирулев А.П., Буксман В.Э., Антонов А.А. Исследование эффективности сеялок широкорядных и для сплошного посева подсолнечника. В сборнике: Аграрная наука – сельскому хозяйству. Сборник статей: в 3 книгах. Алтайский государственный аграрный университет, 2017, С. 43–45. (9).

10. Милюткин В.А., Шахов В.А., Путрин А.С., Игнатьева Ю.С., Миркитанов В.И. Преимущественная эффективность сеялок Condor с долотовидными сошниками при посеве озимых с недостатком влаги в поверхностном слое почвы. Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 2020, № 3 (83). С. 163–169. (7).

11. Милюткин В.А., Буксман В.Э. Эффективный технико-технологический сеялочный комплекс - Condor российского производства (АО "Евротехника", г. Самара) при посеве озимых при недостаточном почвенном увлажнении. Агро-Форум, 2020, № 3. С. 64–67. (9).

УДК 631.363.5

**АНАЛИЗ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ  
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ДОЗИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ  
КОРМОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК**

*Д.З. Мухамбетов, И.Ю. Тюрин, Д.В. Гамаюнов*

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

**Аннотация:** комплекс технологических операций, используемых для приготовления из растений того или иного корма, должен обеспечить максимально возможное сохранение их физиологически полезных питательных веществ. Важным фактором повышения качества кормов и их рационального использования является автоматизация процесса дозирования. Широкое применение автоматизированного оборудования требует повышенной точности дозирования. Поэтому, диапазон требуемых доз, необходимость соблюдения определенных технологических требований при дозировании обуславливает совершенствование в кормоприготовительных машинах дозирочных устройств, различных по своей конструкции и способу дозирования.

**Ключевые слова:** дозировка, корма, классификация, машины, способ.

**ANALYSIS OF AUTOMATIC PERFORMANCE CONTROL SYSTEMS  
FOR DOSING DEVICES OF FORAGE HARVESTING PLANTS**

*D.Z. Mukhambetov, I.Y. Tyurin, D.V. Gamayunov*

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

**Abstract:** the complex of technological operations used for the preparation of a particular feed from plants should ensure the maximum possible preservation of their

physiologically useful nutrients. An important factor in improving the quality of feed and their rational use is the automation of the dosing process. The widespread use of automated equipment requires increased dosing accuracy. Therefore, the range of required doses, the need to comply with certain technological requirements for dosing determines the improvement of dosing devices in feed preparation machines, different in their design and method of dosing.

**Keywords:** dosage, feed, classification, machines, method.

В современном производстве все большее внимание уделяется автоматизации процессов, что позволяет повысить эффективность и качество работы [5–9]. Одной из важных частей автоматизации являются системы автоматического управления производительностью дозирующих устройств. Дозирующие устройства используются для точного дозирования различных материалов, таких как порошки, жидкости или гранулы, в процессах производства. Это может быть необходимо, например, для смешивания различных компонентов или для добавления определенного количества вещества в процессе производства [1–4].

Системы автоматического управления производительностью дозирующих устройств позволяют контролировать и регулировать количество материала, которое подается на производственную линию. Это осуществляется с помощью специальных датчиков, которые могут измерять объем или массу материала, проходящего через дозирующее устройство.

Однако, для эффективной работы системы автоматического управления необходимо проводить анализ производительности дозирующих устройств. Это позволяет выявить проблемы в работе устройства и принять меры по их устранению.

Одной из основных проблем, которая может возникнуть при использовании дозирующих устройств, является недостаточная точность дозирования. Это может быть вызвано различными факторами, такими как изменения влажности материала или неправильная настройка устройства.

Для решения этой проблемы необходимо проводить регулярную калибровку дозирующих устройств и проверять точность дозирования с помощью специальных инструментов. Также необходимо следить за состоянием датчиков и проводить их замену при необходимости.

Еще одной проблемой может быть неравномерное распределение материала на производственной линии. Это может быть вызвано неправильной настройкой устройства или неправильным расположением дозирующего элемента [6, 7].

Для решения этой проблемы необходимо проводить анализ распределения материала на производственной линии и настраивать устройство в соответствии с полученными данными. Также необходимо следить за состоянием дозирующих элементов и проводить их замену при необходимости.

Подводя итог вышеизложенному можно отметить, что системы автоматического управления производительностью дозирующих устройств являются важной частью автоматизации производственных процессов. Однако, для эффективной работы необходимо проводить анализ производительности устройств и принимать меры по устранению выявленных проблем. Только в этом случае можно гарантировать точное дозирование материалов и высокое качество производства.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ваншин В.В. Технология комбикормов: методические указания к лабораторным работам / В.В. Ваншин. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2009. – 22 с.
2. Федоренко И.Я., Садов В.В. Техника и технологии в животноводстве. Часть 1. Механизация приготовления и раздачи кормов: учебное пособие. – Барнаул: РИО АГАУ, 2014. – 207 с.
3. Борисова А.А. Анализ существующих дозаторов кормов / А.А. Борисова // Технологии, машины и оборудование в сельском хозяйстве: Материалы студенческой научно-практической конференции, Самара, 18

декабря 2020 года. – Самара: Самарский государственный аграрный университет, 2021. – С. 21–24.

4. Ведищев С.М. Анализ дозаторов кормов / С.М. Ведищев, А.Ю. Глазков, А. В. Прохоров // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2014. – № 1(50). – С. 103–108.

5. Юлдашев В.Э. Условия выбора параметров установки для сушки семян подсолнечника // Юлдашев В.Э., Тюрин И.Ю. // В сборнике: Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники. Материалы 30-го международного семинара им. В.В. Михайлова. 2017. С. 71–73.

6. Тимаков Д.В. Возможности механизации процесса загрузки и выгрузки досушиваемого материала в процессе сушки на воздухораспределительную установку // И.Ю. Тюрин, Д.В. Тимаков, В.Э. Юлдашев // В сборнике: Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники. Материалы 30-го международного семинара им. В.В. Михайлова. 2017. С. 68–70.

7. Кладов А.А. Возможности автоматизации процесса сушки // И.Ю. Тюрин, Г.В. Левченко, Н.С. Безруков, А.А. Кладов // Аграрный научный журнал. 2017. № 10. С. 61–63.

8. Тимаков Д.В. Условия совершенствования технологии сушки продуктов растениеводства // Д.В. Тимаков, И.Ю. Тюрин // В сборнике: Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники. Материалы 30-го международного семинара им. В.В. Михайлова. 2017. С. 65–67.

9. Гамаюнов Д.В. Состояние работ, связанных с хранением сельскохозяйственных машин в условиях малых и фермерских хозяйств // И.Ю. Тюрин, Д.В. Гамаюнов, А.А. Лушников, Н.Л. Боровский, Е.А. Каковкин, Ю.Н. Рыжов // В сборнике: Профессия инженер. Сборник статей X Всероссийской молодежной научно-практической конференции "Профессия инженер", посвящённой 40-летию факультета агротехники и энергообеспечения. А.Л. Севостьянов, Е.В. Мищенко, Т.Г. Павленко, И.В. Сидорова; под общ. ред. А.Л. Севостьянова; Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина., 2022. С. 123–127.

УДК 631.3

## МЕТОДЫ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ РАБОЧИХ ПАРАМЕТРОВ ПОГРУЗЧИКОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

*П.И. Павлов, В.В. Васильчиков*

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

**Аннотация:** в статье представлена классификация методов аппаратного контроля погрузчиков сельскохозяйственного назначения. Рассмотрены особенности применения различных систем контроля режимных параметров погрузчиков непрерывного и периодического действия.

**Ключевые слова:** питатель, погрузчик непрерывного действия, эксплуатация, эффективность, режимы работы.

## METHODS OF TECHNICAL CONTROL OF WORKING PARAMETERS OF LOADERS FOR AGRICULTURAL PURPOSE

*P.I. Pavlov, V.V. Vasilchikov*

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

**Abstract:** the article contains a classification of methods for hardware control of loaders for agricultural purposes. The features of the use of various control systems for the regime parameters of loaders of continuous and periodic action are considered.

**Keywords:** feeder, continuous loader, operation, efficiency, operating modes.

Одной из современных тенденций развития сельского хозяйства является внедрение автоматизации процессов производства, позволяющей существенно повышать эффективность производственного процесса.

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

Существующие системы автоматизации технологических процессов сельскохозяйственной техники не позволяют своевременно реагировать на изменение свойств погрузочного материала, подстраивать режимы работы и компенсировать возмущения при функционировании сложной технической системы, которой в нашем случае являются погрузчики периодического и непрерывного действия [1].

Для решения этой задачи необходимо применение методов технического контроля рабочих параметров погрузчиков сельскохозяйственного назначения.

Среди основных методов контроля режимных параметров можно выделить следующие (информационные):

- сбор данных и контроль режимных параметров процесса погрузки. К данным параметрам можно отнести: рабочую скорость, массу груза, производительность, энергозатраты;

- предоставление оператору визуальной информации, полученной от датчиков системы автоматического контроля [2].

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

Так, например у погрузчиков Liebherr внедрена система Power Efficiency, которая оптимизирует взаимодействие между агрегатами и системами, подбирает мощность и производительность в зависимости от нагрузок, в результате обеспечивается дополнительная экономия топлива до 25 % [3].

В ряде случаев применяется система автоматического выключения двигателя, обеспечивающая существенное повышение топливной экономичности. Благодаря мониторингу системой электронного управления фактического времени работы погрузчика на холостом ходу и использованию телематического оборудования руководитель может видеть, что у некоторых операторов сельскохозяйственной техники работает на холостом ходу от 45 до 65 % рабочего времени. Если система управления автоматически выключает двигатель после 4–5 минут непрерывной работы на холостом ходу, экономится топливо [3].

Для больших гидравлических экскаваторов в Германии разработана электронная система измерения производительности. С помощью этой системы собираются и передаются на информационную панель оператору важнейшие данные о работе гидравлического экскаватора, например, о заполнении ковша и количестве транспортируемого материала. Оперативное запоминающее устройство и устройство хранения данных предлагают оператору сведения о количестве транспортируемого материала за единицу времени и за рабочее время экскаватора. Количество материала для загрузки транспортного средства можно ввести в память и дать системе задание подсчитать, сколько всего загружено материала. После выполнения определенного числа рабочих циклов на пульте появятся сигналы о полной загрузке автомобиля [2].

С учётом вышесказанного составим классификацию систем контроля режимных параметров погрузчиков сельскохозяйственного назначения (рисунок). Перечисленные системы автоматизированного контроля режимных параметров позволяют достичь следующих результатов: погрузчик работает в оптимальном режиме без остановок и перегрузок; снижается энергоёмкость и увеличивается производительность погрузчика [3, 4].





Рисунок. Классификация автоматизированных системы технического контроля параметров

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Погрузчики периодического и непрерывного действия – виды, краткое устройство, работа. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://infopedia.su/3x2034.html>.

2. 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.

3. Электронное управление фронтальным погрузчиком. Режим доступа; [http://rosspecteh.ru/index.php?route=information/news&news\\_id=24](http://rosspecteh.ru/index.php?route=information/news&news_id=24).

4. Павлов П.И., Васильчиков В.В. / Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники. Материалы XXXV Международной научно-технической конференции имени В.В. Михайлова // Саратов, 2022. С. 112–115.

УДК: 631.3.

## КЛАССИФИКАЦИЯ ПИТАТЕЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОГРУЗЧИКОВ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

*П.И. Павлов, В.В. Васильчиков*

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

**Аннотация:** в статье представлена классификация питателей погрузчиков сельскохозяйственного назначения. Рассмотрена особенность применения различных типов питателей с учетом характера отделения части груза от основного массива.

**Ключевые слова:** питатель, погрузчик непрерывного действия, эксплуатация, эффективность, режимы работы.

## CLASSIFICATION OF FEEDERS OF CONTINUOUS AGRICULTURAL LOADERS

*P.I. Pavlov, V.V. Vasilchikov*

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

**Abstract:** the article presents the classification of feeders of agricultural loaders. The peculiarity of the use of various types of feeders is considered, taking into account the nature of the separation of part of the load from the main array.

**Keywords:** feeder, continuous loader, operation, efficiency, operating modes.

Погрузчики непрерывного действия широко используются в тех сферах деятельности, где необходима быстрая и высокопроизводительная погрузка сыпучих или мелкокусковых грузов. Основная сфера применения таких погрузчиков достаточно узкая. Более того, в настоящее время существуют модели погрузчиков, рассчитанные на работу только с определенными видами грузов (например, только для сыпучих грузов, или только для длинномерных).

Погрузчики непрерывного действия представляют собой машины, выполняющие операции по погрузке, разгрузке и транспортировке грузов одновременно. Это самоходные конвейеры с большой производительностью, применение которых оправдано при большом объеме груза (например, при погрузке зерна).

Погрузчики непрерывного действия делятся на следующие типы: ленточные, роторные, шнековые и скребковые. Основным рабочим органом подобного вида погрузчиков является ленточный транспортёр со шнековым или скребковым питателем, которые, в свою очередь, делятся на ряд типов.

На основании проведенного анализа физико-механических свойств некоторых грузов (навоз, зерно) был сделан вывод, что их сопротивление различным деформациям неодинаково [1]. Поэтому, в основу классификации питателей погрузчиков непрерывного действия необходимо заложить признак, определяющий вид деформации отделения [2].

В предлагаемой классификации наряду с нарядом с конструктивными особенностями признаками введены признаки, определяющие процессы, протекающие при работе питателя (рисунок). По количеству рабочих органов питатели могут быть с одним (ПНД-250, УП-66, роторно-ковшковые, веерный и др.), с двумя (СПУ-40М, ПНД-45, ЭПФ-3 и др.), несколькими (МВС-4).

По типу рабочего органа питатели разделяются на скребковые, (ЗПС-60), работающие с сыпучими грузами; винтовые (ЗПС-100, НУМЗ-3), предназначенные для сыпучих, слабо связных и полужидких грузов; шнекофрезерные (ПАНД-45, ПНД-250, Д-452, погрузчики конструкции ВИМ, СГАУ и др.) могут работать с сыпучими, кусковыми, плотными и слежавшимися грузами; лопастные (ЭПФ-3), в качестве рабочих органов используются роторы с лопастями; фрезбарабанные (СПУ-40М, ПСК-5, погрузчики конструкции ВНИПТИМЭСХ и Новосибирского СХИ), предназначенные для работы с плотными и связанными грузами и отделяющие груз по принципу фрезерования; лаповые (КО-203, КО-205, ТП-1, погрузчик с питателем клавишного типа), работающие и захватывающие груз при возвратно-поступательном движении лап; роторно-ковшковые (погрузчик и конструкции СИМСХ, ПСС-55 и другие), содержащие два и более замкнутых контура, на которых закреплены отделяющие и транспортирующие элементы и предназначенные также для работы с плотными и связанными грузами.

По характеру движения рабочих органов питатели можно разделить на вращающиеся, прямолинейно движущиеся, с криволинейно-возвратной траекторией движения и неподвижные. Вращающиеся рабочие органы можно классифицировать в зависимости от расположения оси вращения: с осью вращения перпендикулярной направленностью движения погрузчика (ПНД-250, УП-66, СПУ-40М, ПНД-45, ПДТ-1,5 и др.), с осью вращения параллельной направленностью движения (погрузчик типа «шаровая лопата» фирмы «Блейхерт»); с вертикальной осью вращения (дисковый питатель погрузчика ЗПС-30) и с наклонной (от вертикального положения) осью вращения (лопастной питатель погрузчика ЭПФ-3).

Характер отделения части груза от основного массива для каждого питателя различны. По данному признаку рабочие органы можно классифицировать на: сдвигающие, т.е. захват происходит сдвигом груза к отгрузочному транспортеру по какой-либо поверхности или поверхности самого груза; зачерпывающие – отделят груз, засватывая его в ковши или другие рабочие емкости; скалывающие – груз отделяется под воздействие напорного давления кромки давления кромки рабочего органа; нарубающие отделяют груз при одновременном воздействии рабочего органа и поступательном движении питателя с погрузчиком.

Анализ конструкций погрузчиков питателей показывает отсутствие в настоящее время научно-обоснованных рекомендаций, позволяющих обосновать эффективность применения того или иного типа питателя. Многие конструкции питателей создавались интуитивно или на основе эмпирических данных.

Все разнообразие конструкций питателей можно классифицировать по отношению к пяти основным видам деформации отделения захватывающих частей груз от основного массива. В данном случае питатели делятся на: отделяющие части груза разрывом связей с основным массивом, отделяющее резанием и комбинированным воздействием, состоящим из двух или трех указанных выше типов.

При разработке питателей погрузчиков непрерывного действия сельскохозяйственного назначения вопросы, связанные с физической картиной деформации при отделении захвате частей от бурта практически не рассматривались. В то же время анализ физико-механических свойств показывает, что сыпучие грузы по-разному сопротивляются разным видам деформации.

После отделения и захвата груз перемещается питателем к отгрузочному транспортёру.

Кроме того, стоит учитывать то, что на основании анализа конструкции питателей погрузчиков непрерывного действия не было создано единой концепции обоснования параметров рабочих органов.

На основании проведенных исследований бала составлена классификация питателей погрузчиков непрерывного действия, а перечисленные в ней особенности питателей необходимо учитывать при создании производительных и экономичных погрузчиков (рисунок).

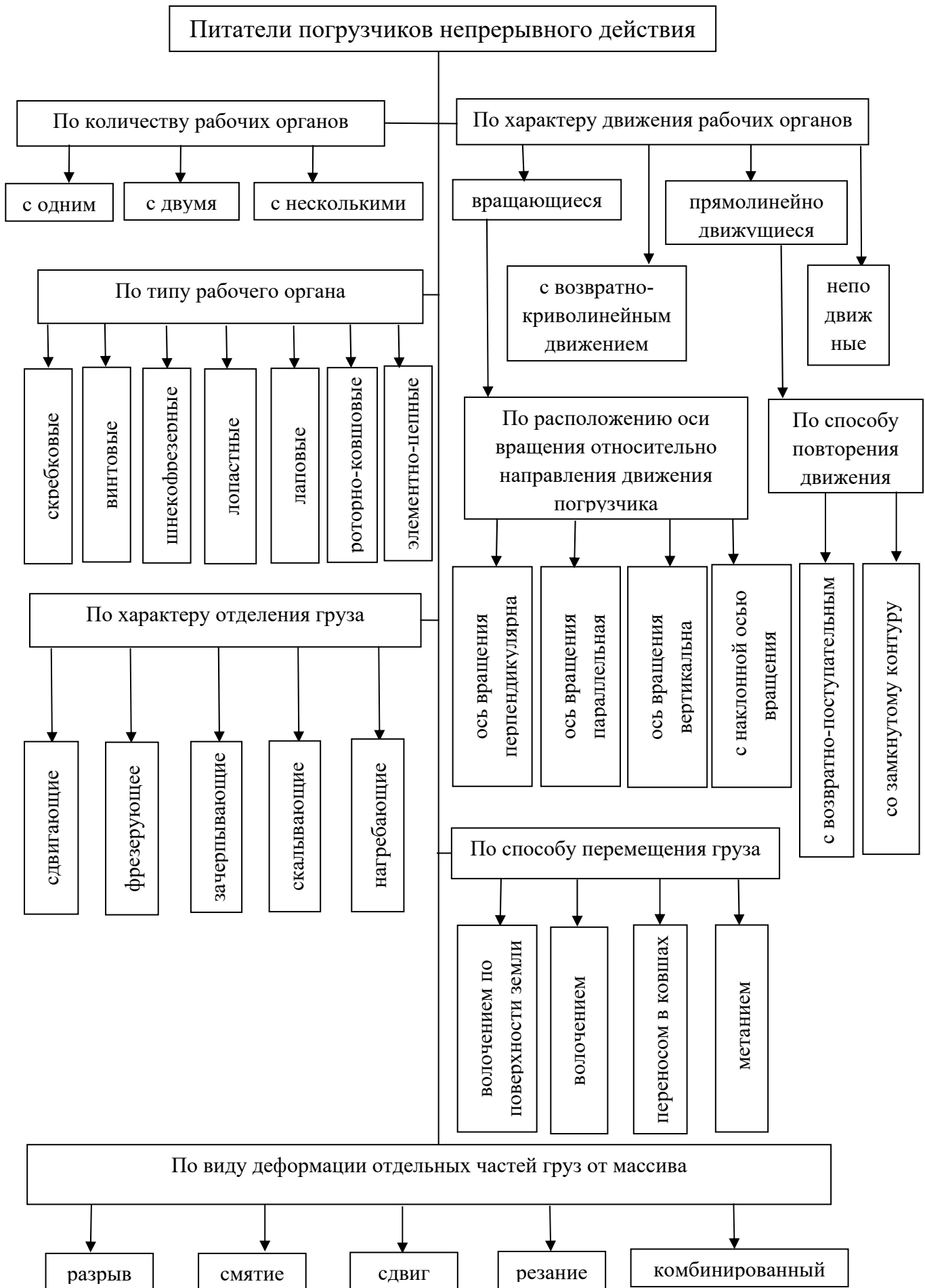


Рисунок. Классификация погрузчиков непрерывного действия

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Погрузчики периодического и непрерывного действия – виды, краткое устройство, работа. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://infopedia.su/3x2034.html>

2. Павлов П.И. Научно-технические решения проблемы ресурсосбережения при использовании навозопогрузчиков непрерывного действия. [Текст]: дис. ... докт. тех. наук: 05.20.01 / Павлов Павел Иванович. – Саратов, 2002. – 441 с.

3. 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 № 6. 2014.

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.

УДК 331.451: 504.055

## МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*А.Г. Сагингалиева*

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

**Аннотация:** в статье рассматриваются меры безопасности при эксплуатации ультразвукового технологического оборудования.

**Ключевые слова:** воздействие ультразвуковых волн, меры безопасности, ультразвук, ультразвуковые технические средства, эксплуатации ультразвукового оборудования.

## SAFETY MEASURES DURING OPERATION OF ULTRASONIC PROCESSING EQUIPMENT

*A.G. Sagingaliyeva*

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

**Abstract:** the article discusses safety measures during the operation of ultrasonic technological equipment.

**Keywords:** exposure to ultraacoustic waves, safety measures, ultrasound, ultrasonic technical means, operation of ultrasonic equipment.

Ультразвук – упругие механические волны с частотой колебаний от 20 кГц до 1 ГГц [1]. Из истории познания ультразвука, известно, что философские рассуждения, догадки и гипотезы о существовании и истинной природе ультразвука, передовые умы человечества описывали в своих трактатах ещё в



глубокой древности [2–7]. Тем не менее, практическое применение ультразвука в науке и промышленности началось относительно недавно. Важно заметить, что начало практического использования ультразвука ознаменовалось гениальным открытием русского ученого С.Я. Соколовым – ультразвуковой дефектоскопии. В октябре 2022 года исполнилось 125 лет со дня рождения профессора Соколова Сергея Яковлевича (1897–1957 гг.) уроженца Саратовской губернии, который является основателем и создателем ультразвуковой дефектоскопии – «звуковидения». Своё открытие свершил С.Я. Соколов в 1928 году, работая в Ленинградском электротехническом институте [8].

В настоящее время ультразвуковые технические средства используются в составе технологического оборудования в производственных и непромышленных сферах деятельности человека, как в целях обработки и управления сигналами, так и для выработки и реализации управляющих воздействий на вещества, материалы и изделия, так же, как и для получения информации про них [9–11].

В основе всех ультразвуковых технологий лежат эффекты взаимодействия ультразвука с твердой жидкой и газообразной средой. Наиболее перспективными считаются применение ультразвуковых волн для интенсификации таких технологических процессов, как сварка, очистка различных материалов, деталей и изделий, сушка, стерилизация, гомогенизация и консервация разнообразных веществ и продуктов питания, экстракция биологически активных, дубильных и других ценных компонентов производственного растительного и животного сырья. В последнее двадцатилетие этому прогрессивному многообещающему направлению уделяется значительное и серьезное внимание в целях увеличения производительности труда, улучшения качества выпускаемой продукции и повышения эффективности производственных процессов. Ультразвуковые технологии нашли широкое применение в металлургии, химии, фармакологии, машино- и приборостроении, нефтехимии, энергетике, в производстве наноматериалов, в транспорте, в пищевой промышленности и других отраслях.

Здесь важно отметить, что в последние годы в промышленности особый интерес проявляется к биотехнологическим процессам, которые основаны на получении необходимых для человеческого организма веществ с помощью ультразвука [2, 11].

Одним из важных достоинств ультраакустического воздействия на различные среды с целью их обработки является сравнительная простота эксплуатации ультразвуковых технических средств. К недостаткам можно отнести высокую стоимость электроакустических источников и потребность специфических по конструктивному исполнению приборов, аппаратов и установок. При всем этом, важно отметить необходимость соблюдения особых мер безопасности при эксплуатации того или иного ультразвукового технологического оборудования.

Ультразвуковые исследования в области медицины, связанные с управляемым воздействием на живой организм, были основаны вначале на непосредственных эмпирических наблюдениях из-за отсутствия необходимого специального оборудования, фиксирующего изменения внутри живой клетки. В 1940–1950 годы были попытки использовать ультразвук интенсивностью до  $10 \text{ Вт/см}^2$  в целях лечения людей. В результате было доказано, что такие воздействия губительны для клеток человеческого организма. Впоследствии были определены оптимальные параметры ультразвуковых воздействий на организм человека в медицинских целях [3].

В промышленности к источникам ультразвука относятся все виды ультразвукового технологического оборудования, т.е. ультразвуковые стенды, приборы и аппаратура различного назначения, которые генерируют ультраакустические колебания для выполнения технологических процессов, технического контроля и измерения. К источникам ультразвука причисляют также технические средства, при эксплуатации которых ультразвуковые колебания возникают как сопутствующий отрицательный фактор.

Ультразвук оказывает прямое воздействие при непосредственном контакте человека с ультразвуковым техническим средством. Более того,

ультразвук может оказывать и опосредственное воздействие на человеческий организм через контактную воздушную и жидкую среду. При этом воздействие ультразвука на организм человека имеет локальный характер.

Воздействие ультраакустических волн, вызывает изменения нервной, сердечно-сосудистой и эндокринной систем, оказывает влияние на слуховые и вестибулярные анализаторы человека. Наиболее чаще характерным проявлением воздействия ультразвуковых колебаний на человека является наличие вегетососудистой дистонии, а также астенического синдрома. Та или иная степень выраженности вышеуказанных изменений в организме человека напрямую зависит от интенсивности и длительности ультраакустического воздействия и в разы усиливается при наличии в звуковом спектре высокочастотного шума, при всем этом проявляется ещё выраженное снижение слуха. Если контакт с ультразвуковым воздействием имеет продолжительный характер, то указанные расстройства приобретают более устойчивый характер. Важно отметить, что ультразвуковые излучения не способны к накоплению внутри человеческого организма.

Вредным для здоровья человека считается регулярное взаимодействие с ультразвуковыми техническими средствами. При длительном воздействии ультраакустические колебания могут поражать отдельные части мозга. И эти поражения некоторых отделов мозга вызывают у человека такие расстройства, как бессонница, головные боли, повышенная агрессивность, снижение памяти, ухудшение слуховых способностей. У лиц, которые часто находятся в зоне распространения ультраакустических волн, часто немеют конечности рук и ног, наблюдается развитие полиневрита, может уменьшиться содержание сахара в крови, а также отмечается нехватка витаминов. Более того, визуально можно обнаружить у человека покраснение или побледнение лица. У лиц, которые часто контактируют с ультразвуковыми волнами, чаще всего диагностируют эндокринные заболевания, они испытывают галлюцинации, страдают астеническим синдромом, а также теряют массу тела.

Под предельно допустимым уровнем (ПДУ) ультразвука понимается такой уровень, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю, в течение всего рабочего стажа не вызывает заболеваний или отклонений в состоянии здоровья персонала. Вместе с этим, такие заболевания или отклонения в состоянии здоровья операторов ультразвукового оборудования, могут проявляться и обнаруживаться современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. При этом соблюдение ПДУ ультразвука не исключает возможность проявления нарушений здоровья у сверхчувствительных людей. Предельно допустимый уровень ультразвукового давления при среднегеометрической частоте 20 кГц составляет 95 дБ.

Основу профилактики неблагоприятного воздействия ультразвука на рабочий персонал, которые заняты эксплуатацией и обслуживанием ультразвукового технологического оборудования, составляет гигиеническое нормирование [12–13]. Нормами, ограничиваются уровни звукового давления в высокочастотной области слышимых звуков и ультразвуков на рабочих местах (от 80 до 110 дБ при среднегеометрических частотах третьоктавных полос от 12,5 до 100 кГц).

Ультразвуковое технологическое оборудование может оказывать вредное воздействие на организм человека, и соответственно требуют соблюдения общепринятых и специальных мер безопасности при их эксплуатации [13].

Меры безопасности по предупреждению неблагоприятного действия на организм производственного персонала ультразвукового технологического оборудования, содержат в первую очередь реализацию профилактических мероприятий технического характера. К ним относятся:

- дистанционное управление ультразвукового оборудования;
- автоблокировку ультразвукового оборудования при выполнении всех вспомогательных операций;

- приспособления для удержания ультразвуковых технических средств или предметов труда, которые могут выступать в качестве твердой контактной среды;

- использование, где имеется возможность, маломощного ультразвукового оборудования, что может способствовать снижению интенсивности шума и ультразвука на производственных рабочих местах на 20–40 дБ;

- размещение ультразвукового технологического оборудования в специальных звукоизолированных помещениях или кабинетах с возможностью опосредственного управления на расстоянии;

- оборудование звукоизолирующих устройств, кожухов, экранов из листовой стали или дюралюминия, покрытых резиной, противозумной мастикой и другими приемлемыми в соответствии с требованиями материалами.

В ходе производственного процесса для защиты рук от контактного действия ультразвука рекомендуется использование специального рабочего инструмента с виброизолирующей рукояткой.

В целях уменьшения шумового уровня, исходящего от ультразвукового технологического оборудования, их снабжают специальными звукоизолирующими кожухами. Вместе с тем, следует при эксплуатации должным образом обеспечивать плотное прилегание различных крышек, глухих дверей и прочих открывающихся элементов конструкции. При наличии отверстий, щелей и паз необходимо их закрыть звукопоглощающими уплотнителями и прокладками.

Если по производственно-технологическим причинам не имеется возможность снизить уровень интенсивности шума и ультразвука до нормативно допустимых значений, рекомендуется использование индивидуальных средств защиты тела и органов слуха человека от воздействия специфического шума. От воздействия ультразвуковых колебаний можно защититься, используя плотно облегающую тело рабочего спецодежду. Специальный халат, куртка, комбинезон должны иметь завязки на рукаве, поясе

и спине, а также соответствовать размеру обычной одежды оператора. При отсутствии завязок на рукаве следует использовать нарукавники, плотно облегающие кисти рук. Чтобы снизить нежелательного влияния ультразвука на руки оператора используют резиновые перчатки. При этом рекомендуется применять две пары рабочих перчаток (нательные – хлопчатобумажные перчатки и наружные – специальные резиновые) либо комбинированные перчатки из резины, снабженные с внутренней стороны с хлопчатобумажной подкладкой. При всем этом соответствующий тип рабочих резиновых перчаток подбирается на производстве с учетом конкретных условий работы.

При работе на ультразвуковом технологическом оборудовании органы слуха оператора эффективнее всего защищать с помощью заглушек – специальные вставляемые в уши человека пробки, выполненные из ультратонкой стекловаты, они способны ослаблять шум на 20–25 дБ. Другим не менее эффективным средством индивидуальной защиты органов слуха оператора являются противошумные наушники типа ВЦНИИОТ-2, ВЦНИИОТ-2М, которые позволяют снизить уровень улавливаемого шума на 40 дБ и более. Конструктивно такие наушники включают в себя два наушника закрепленных на пружинное оголовье.

Повседневная практика доказывает, что строгое и всестороннее соблюдение правил безопасности труда делает возможным полностью предотвратить появлений травматизма и профессионального заболевания персонала, работающего на ультразвуковом оборудовании.

Важным условием допуска к работе на ультразвуковых технологических оборудованиях является усвоение рабочими всех правил безопасности труда, которые являются специфичными для данного оборудования.

Соблюдение правил, описанных в руководстве по эксплуатации установки, гарантирует безопасную работу и предотвращает возможность производственного травматизма.

Строго воспрещается ощупывать открытыми руками колеблющийся ультразвуковой инструмент и концентратор. Более того, запрещено подвергать

открытые руки воздействию кавитирующей абразивной суспензии, жидких моющих средств, расплавленного припоя или другой производственно-необходимой рабочей среды.

Вместе с этим, нельзя вести работу на ультразвуковых технологических оборудованьях, если в производственном помещении находится только один оператор.

Строго запрещено допускать к работающим ультразвуковым технологическим оборудованьям, посторонних лиц.

Следует не отвлекаться посторонними делами во время выполнения технологического процесса. Необходимо постоянно следить за исправностью спецодежды и индивидуальных противоультразвуковых защитных средств (перчатки, наушники и т.д.).

Ручные ультразвуковые технические средства должны иметь форму, которое обеспечивает минимальное напряжение мышц кисти руки и верхнего плечевого пояса рабочего, и отвечать требованиям технической эстетики.

Поверхность ручных ультразвуковых технических средств в местах непосредственного контакта с руками оператора должна иметь значение коэффициента теплопроводности не более 0,5 Вт/м. град., что дает возможность исключать охлаждения рук, работающих во время осуществления технологического процесса.

При регулярной работе с непосредственными источниками контактного ультразвука на протяжении более чем 50 % рабочего времени требуется в обязательном порядке устраивать два регламентированных перерыва. Первый – перерыв равный 10 мин за 1–1,5 ч перед и перерыв равный 15 мин через 1,5–2 ч после обеденного перерыва для организованного проведения различных физиопрофилактических процедур, а также осуществления витаминизации, выполнения лечебной гимнастики и т.п.

К работе с ультразвуковым технологическим оборудованием допускаются лица, которым исполнилось 18 лет, своевременно и успешно

прошедшие обучающие курсы по соответствующей программе и инструктаж по технике безопасности.

В соответствии с приказом № 302н от 12.04.11 года Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации, лица, которые подвергаются в процессе производственной деятельности воздействию контактного ультразвука, должны в случае приема на работу пройти предварительный медицинский осмотр, а также в процессе трудовой деятельности они подлежат периодическим медицинским осмотрам.

Таким образом, знание специфики ультраакустического воздействия на человеческий организм и соблюдение правил и мер безопасности, описанных в руководстве по эксплуатации ультразвукового технологического оборудования, гарантирует безопасную работу и предотвращает возможность несчастных случаев и травматизма персонала в производственных условиях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Детлаф А.А., Яворский Б.М., Милковская М.Б. Курс физики. Том III. Волновые процессы. Оптика. Атомная и ядерная физика. – М.: Высшая школа, 1979. – 511 с.
2. Агранат Б.А. Основы физики и техники ультразвука / Б.А. Агранат. – М.: Медиа, 1987. – 257 с.
3. Акопян В.Б. Основы взаимодействия ультразвука с биологическими объектами / В.Б. Акопян, Ю.А. Ершов. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 298 с.
4. Брэгг У. Мир света. Мир звука. Перевод с английского. – М.: «Наука», 1967. – 335 с.
5. Исакович М.А. Общая акустика / М.А. Исакович. – М.: Наука, 1973. – 496 с.
6. Клюкин И.И. Удивительный мир звука / И.И. Клюкин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Изд-во «Судостроение», 1986. – 167 с.



7. Широков В.С. Галилей и средневековая математика / В.С. Широков // Историко-математические исследования. – 1979. – № 24. – С. 88–103.
8. Щербинский В.Г., Паврос С.К., Гурвич А.К. Ультразвуковая дефектоскопия: вчера, сегодня, завтра / В.Г. Щербинский, С.К. Паврос, А.К. Гурвич // В мире неразрушающего контроля. – 2002. – №. 4. – С. 18.
9. Сагингалиева А.Г. Эффективность и проблемы применения ультразвука в пищевой промышленности / А.Г. Сагингалиева // «Наука и образование в современном мире: вызовы XXI века»: материалы XII Междунар. науч.-практ. конф. (Технические науки) – Астана, 2023. – Т.VI. – С.15–19.
10. Сагингалиева А.Г., Семилет С.А. Практика применения ультразвука / А.Г. Сагингалиева, С.А. Семилет // Международный научный журнал «Глобальная наука и инновация 2022: Центральная Азия»: Материалы XVII Международной научно-практической конференции. – Астана (Нур-Султан), Казахстан, 2022. – С. 3–8.
11. Сагингалиева А.Г., Гумаров Г.С. Классификация и анализ ультразвуковых технических средств / А.Г. Сагингалиева, Г.С. Гумаров // Цифровизация агропромышленного комплекса: сборник научных статей III Междунар. науч.-практ. конф. В 2-х т. Тамбов, 25 – 27 октября 2022 г. – Тамбов: Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2022. – С. 90–101.
12. ГОСТ 12.1.01-89. Ультразвук. Общие требования безопасности. – Введ. 01.01.1991. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 10 с.
13. СанПиН 2.2.4/2.1.8.582-96. Гигиенические требования при работах с источниками воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения. Санитарные правила и нормы. – Введ. 31.10.1996. – М.: Информ.-издат. центр Минздрава России, 1997. – 14 с.

УДК 635.89

## КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА МАШИНЫ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ БЛОКОВ

*Д.А. Смотряков, П.И. Павлов, В.А. Курунин*

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

**Аннотация:** в данной статье проводится анализ конструктивно-технологической схемы устройства для наполнения пакетов субстратом для выращивания грибов.

**Ключевые слова:** субстрат, грибы, грибная ферма, пресс-машина субстратных блоков, производительность.

## DESIGN AND TECHNOLOGICAL SCHEME OF THE BLOCK FORMING MACHINE

*D.A. Smotryakov, P.I. Pavlov, V.A. Kurunin*

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

**Abstract:** this article analyzes the design-technological scheme of the device for filling packages with substrate for the cultivation of mushrooms.

**Keywords:** substrate, mushrooms, mushroom farm, substrate block press machine, productivity.

Грибы – это ценный питательный продукт, который вносит разнообразие в пищевой рацион и обогащает организм разнообразными питательными веществами [1]. Все разновидности грибов содержат клетчатку, которая улучшает пищеварение, снижает уровень глюкозы в крови. Грибы содержат

витамин Д, который регулирует обмен кальция и фосфора в организме человека. Также грибы содержат витамины группы В, необходимые для работы и сердечно-сосудистой системы, расширяя сосуды и снижая уровень холестерина [2].

Грибоводство является одной из самых быстроразвивающихся отраслей сельского хозяйства. Самообеспеченность грибами в Российской Федерации за последние 10 лет значительно выросла. Для достижения максимального обеспечения грибами необходимо развивать технологию производства грибов и технические средства.

Механизация является обязательным условием грибного производства в промышленных масштабах. Использование механизмов существенно упрощает рабочий процесс, экономит время и силы. Одним из наиболее важных этапов культивирования грибов – это формирование субстратных блоков.

Уже готовый субстрат необходимо спрессовать в брикеты. Для ускорения этого процесса предназначен пресс. Пресс-машина субстратных блоков (рис.1) используется для формирования брикетов и упаковкой их в полиэтиленовые мешки.

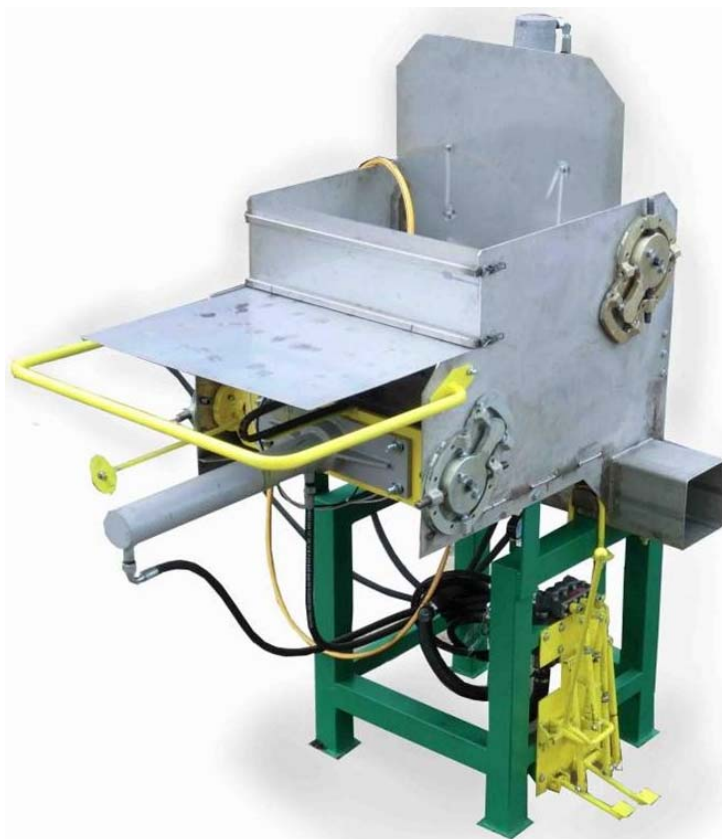


Рисунок 1. Пресс-машина субстратных блоков ПСМБ-1

На основании существующих механизмов нами предложена новая конструктивная схема устройства для наполнения пакетов субстратом для выращивания грибов.

Отличием конструкции является то, что камера сжатия имеет переменное сечение, сужающееся к фильере, а конструкция поршня позволяет при рабочем ходе менять свою ширину.

Устройство для наполнения пакетов субстратом для выращивания грибов (рис. 2) содержит корпус 1, раму 2, камеру загрузки 3, гидроцилиндр с поршнем 4, камеру прессования 5, фильеру 6, масляную станцию 7, полиэтиленовый пакет 8, стол для наполненного субстратом пакета 9. Корпус 1 установлен на раму 2. К корпусу пресса закреплен гидроцилиндр с поршнем 4, для работы гидроцилиндра с поршнем используется масляная станция 12. С узкой стороны расположена фильера 6. Между корпусом 1 и фильерой 6 расположена камера прессования 5. Для получения равномерного наполнения пакета субстратом 8 камера прессования 5 выполнена переменного сечения сужением в сторону фильеры. Для удобства наполнения пакет с субстратом 8, при наполнении, опирается на стол 9. Для прессования субстрата, поршень (рис. 3) выполнен в виде двух подвижных соприкасающихся рабочих пластин 10, 11 с возможностью перемещения относительно друг друга, шарнирно закрепленных на основании 12 при помощи рычагов 13, 14 при этом длина рычагов 13 внешней пластины больше величины рычагов 14 внутренней на толщину последней.

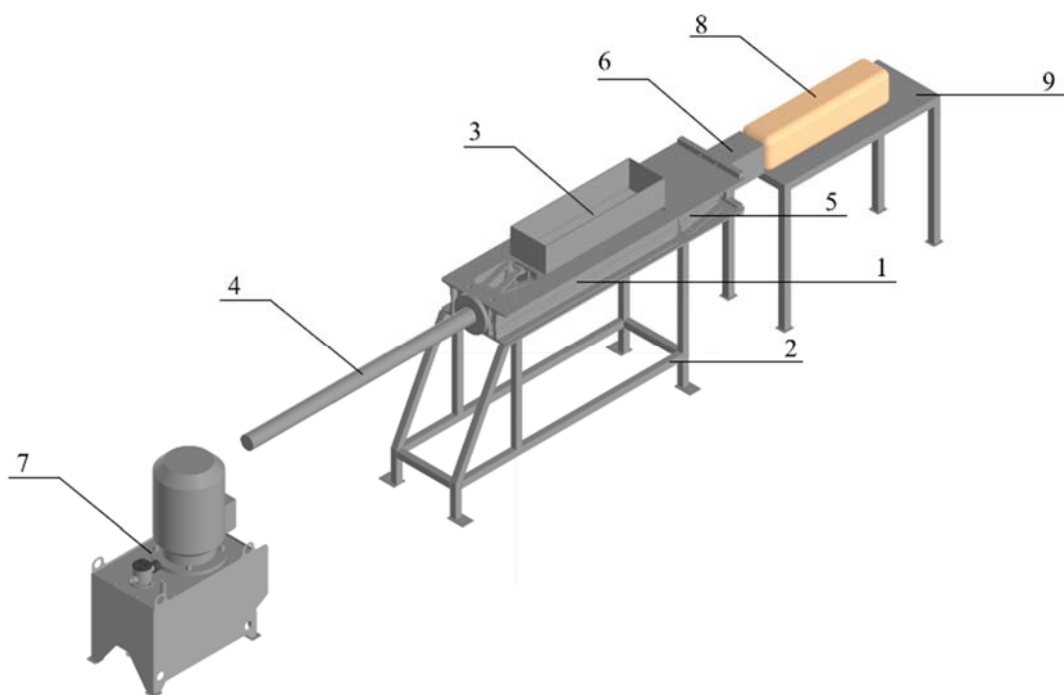


Рисунок 2. Общий вид устройства для наполнения пакетов грибным субстратом

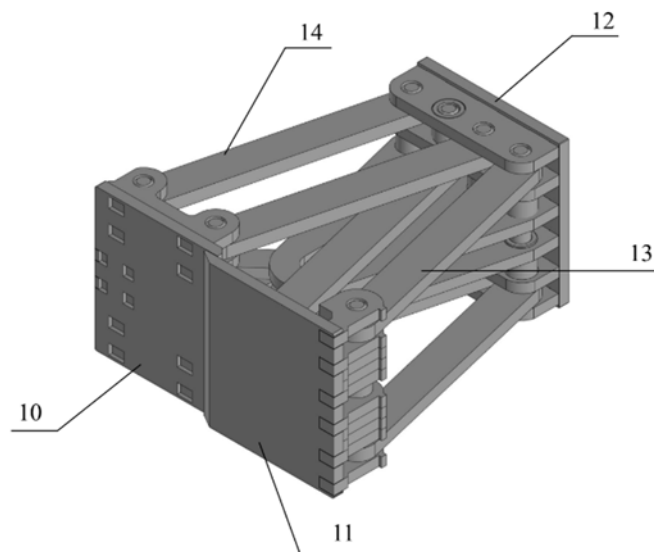


Рисунок 2. Устройство поршня

Благодаря данной схеме конструкции достигается ряд определенных преимуществ:

- регулируемая плотность и размер субстратных блоков;
- равномерная плотность наполнения субстратного блока;
- увеличение производительности, за счет работы одного рабочего органа – гидроцилиндра с поршнем.

Анализ существующей технологии и средств механизации показал, что наиболее трудозатратным и ответственным процессом является формирование брикетов субстрата. Большое значение для выращивания грибов имеет плотность набивки субстратного блока. Далее планируется изготовление опытного образца и проведение теоретических и экспериментальных исследований.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Девочкина Н.Л. Промышленное грибоводство – эффективный ресурс АПК России / Н.Л. Девочкина, Р.Д. Нурметов, Л.И. Долгих // Картофель и овощи – 2012.

2. Жмакин М.С. Шампиньоны. Вешенки. Другие виды грибов / М.С. Жмакин // Ростов-на-Дону, 2010.

3. Бисько Н.А. Биология и культивирование съедобных грибов рода вешенка / Н.А. Бисько, И.А. Дудка, Киев : Наук думка, 1987, – 148 с.

4. Грибы рода Вешенка – ингредиенты новых физиологических функциональных пищевых продуктов / В.В. Щерба, И.И. Паромчук, Т.А. Пучкова и др. // Успехи медицинской микологии: материалы V всерос. конгресса по медицинской микологии. – М., 2007. – Т.9. – С. 270–272.

## МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА СУШКИ ПРОДУКТОВ РАСТЕНИЕВОДСТВА

*М.Д. Шарашов*

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

**Аннотация:** в статье рассматривается вопрос разработки модели оптимизации процесса сушки продуктов растениеводства, которая позволит повысить эффективность производства и снизить затраты. Это необходимо для описания процессов сушки зерна в плотном слое, для решения которого, как правило, используют систему дифференциальных уравнений.

**Ключевые слова:** сушка, растениеводство, фактор, влажность, температура.

## A MODEL FOR OPTIMIZING THE DRYING PROCESS OF CROP PRODUCTS

*M.D. Sharashov*

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

**Abstract:** the article discusses the issue of developing a model for optimizing the drying process of crop products, which will increase production efficiency and reduce costs. This is necessary to describe the processes of drying grain in a dense layer, for the solution of which, as a rule, a system of differential equations is used.

**Keywords:** drying, crop production, factor, humidity, temperature.

Сушка продуктов растениеводства является одним из важнейших процессов в производстве пищевых продуктов. Она позволяет увеличить срок хранения продуктов и сохранить их качество. Однако, процесс сушки может

быть длительным и затратным, что приводит к высокой стоимости производства [1, 3, 5].

Процесс сушки продуктов растениеводства состоит из нескольких этапов [2]. Первый этап – подготовка продукта к сушке. Второй этап – сама сушка, которая может проводиться различными способами: на открытом воздухе, в сушильных камерах или специальных установках. Третий этап – охлаждение продукта после сушки.

Один из основных факторов, влияющих на эффективность процесса сушки, – это температура. Высокая температура может привести к перегреву продукта и его повреждению, а низкая – к замедлению процесса сушки и ухудшению качества продукта. Другим важным фактором является влажность. Высокая влажность может привести к образованию плесени и гнили на продукте, а низкая – к его пересыханию и потере вкуса и аромата.

Для оптимизации процесса сушки продуктов растениеводства была разработана модель, основанная на методе математического моделирования. Модель состоит из нескольких блоков.

Первый блок отвечает за определение оптимальной температуры и влажности для каждого вида продукта. Для этого используются данные о свойствах продукта, такие как содержание влаги, размер и форма.

Второй блок отвечает за выбор оптимального способа сушки для каждого вида продукта. Для этого используются данные о скорости сушки, энергозатратности и стоимости оборудования.

Третий блок отвечает за определение оптимального времени сушки для каждого вида продукта. Для этого используются данные о скорости сушки и качестве продукта.

Четвертый блок отвечает за определение оптимального способа охлаждения продукта после сушки. Для этого используются данные о скорости охлаждения и стоимости оборудования.

Результаты моделирования показали, что оптимальная температура и влажность для каждого вида продукта различаются. Например, для сушки фруктов оптимальная температура составляет 60–70 градусов Цельсия, а для сушки овощей – 50–60 градусов Цельсия.



Также было выявлено, что оптимальный способ сушки для каждого вида продукта различается [4, 6]. Например, для сушки фруктов оптимальным является способ сушки на открытом воздухе, а для сушки овощей – способ сушки в сушильных камерах.

Оптимальное время сушки также различается для каждого вида продукта. Например, для сушки фруктов оптимальное время составляет 8–12 часов, а для сушки овощей – 6–8 часов.

Оптимальный способ охлаждения продукта после сушки также различается для каждого вида продукта. Например, для охлаждения фруктов оптимальным является способ охлаждения на открытом воздухе, а для охлаждения овощей – способ охлаждения в специальных установках.

Модель оптимизации процесса сушки продуктов растениеводства позволяет повысить эффективность производства и снизить затраты. Результаты моделирования показали, что оптимальные параметры для каждого вида продукта различаются и зависят от его свойств [7–9]. Поэтому, для достижения наилучших результатов, необходимо проводить индивидуальную оптимизацию процесса сушки для каждого вида продукта.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пути контроля качества сушки при заготовке сельскохозяйственных культур / И.Ю. Тюрин, В.Э. Юлдашев, А. Шарашов [и др.] // Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники: Материалы Международного научно-технического семинара имени В.В. Михайлова, Саратов, 15–16 мая 2019 года. Том Выпуск 32. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2019. – С. 152–154. – EDN AJATRX.

2. Рустамов В.А. Исследования процессов гибридной сушки продуктов растениеводства / В.А. Рустамов, А.Д. Шарашов // Технологии, машины и оборудование в сельском хозяйстве: Материалы студенческой научно-практической конференции, Самара, 18 декабря 2020 года. – Самара: Самарский государственный аграрный университет, 2021. – С. 24–27. – EDN RUSSJY.

3. Шарашов М.Д. Природно-климатические условия заготовки кормов в Саратовской области / М.Д. Шарашов, И.Ю. Тюрин // Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники: материалы XXXV

Международной научно-технической конференции имени В.В. Михайлова, Саратов, 18–19 мая 2022 года. Том Выпуск 35. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2022. – С. 356–358. – EDN ZXXDCH.

4. Шарашов А.Д. Энергетический анализ сушилки с псевдооживленным слоем с использованием солнечной энергии для сушки рисового зерна / А.Д. Шарашов, А.А. Лушников, И.Ю. Тюрин // Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники: материалы XXXV Международной научно-технической конференции имени В.В. Михайлова, Саратов, 18–19 мая 2022 года. Том Выпуск 35. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2022. – С. 352–355. – EDN QQPBL5.

5. Юлдашев В.Э. Пути контроля качества сушки при заготовке сельскохозяйственных культур // И.Ю. Тюрин, В.Э. Юлдашев, А.Д. Шарашов, М.Д. Шарашов, Д.С. Трушин // В сборнике: Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники. Материалы Международного научно-технического семинара имени В.В. Михайлова. 2019. С. 152–154.

6. Юлдашев В.Э. Использование теплового излучения для обезвоживания и термообработки продуктов растениеводства // И.Ю. Тюрин, В.Э. Юлдашев, А.Д. Шарашов, Н.Е. Лузгин, В.В. Утолин // В сборнике: Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России. Материалы Национальной научно-практической конференции. 2019. С. 444–448.

7. Shen L., Gao M., Zhu Y., Liu C., Zheng X. Microwave drying of germinated brown rice: Correlation of drying characteristics with the final quality. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2021. 70.102673.

8. Sousa T.L.D., Sousa K.A.D., Santos D.C.D., Resende O., Egea M.B. Bioingredient produced with fermentation of corn bran and «Cerrado» cashew byproduct using *Rhizopus oligosporus* and forced-air oven drying: Mathematical modeling and evaluation of quality parameters. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*. 2021. 26.100262.

9. Charmongkolpradit S., Somboon T., Phatchana R., Sang-Aroon W., Tanwanichkul B. Influence of drying temperature on anthocyanin and moisture contents in purple waxy corn kernel using a tunnel dryer. *Case Studies in Thermal Engineering*. 2021. 25. 100886.

УДК 631.354.2

## ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ПШЕНИЦЫ ТВЕРДЫХ И СИЛЬНЫХ СОРТОВ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДА КАЗАХСТАНА

*Р.Б. Ширванов*

Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет,  
г. Уральск, Республика Казахстан

**Аннотация:** любая технология возделывания сельскохозяйственных культур, и в особенности зерновых культур, должна быть адаптирована к местным условиям, в частности к почвенным и климатическим, учитывать не только современные мировые тенденции, но и многолетний наработанный опыт отечественных ученых и специалистов в данном вопросе. В настоящей статье на основе анализа недостатков нулевой и минимальной технологий обосновывается технологии возделывания яровых и озимых зерновых культур твердых и сильных сортов, которые позволят в условиях реального сельскохозяйственного производства сформировать адаптированную технологию, за счет чего добиться существенного повышения урожайности и снижения себестоимости зерновой продукции.

**Ключевые слова:** зерновые культуры, пшеница твердых и сильных сортов урожайность, ресурсосбережение, минимальная обработка, технология возделывания, технические средства.

## TECHNOLOGIES OF CULTIVATION OF WHEAT OF HARD AND STRONG VARIETIES IN THE CONDITIONS OF THE WEST OF KAZAKHSTAN

*R.B. Shirvanov*

West Kazakhstan Innovation and Technological University,  
Uralsk, Kazakhstan

**Abstract:** any technology of cultivation of agricultural crops, and especially grain crops, should be adapted to local conditions, in particular to soil and climatic conditions, take into account not only current global trends, but also the long-term accumulated experience of domestic scientists and specialists in this matter. In this article, based on the analysis of the disadvantages of zero and minimum technologies, the technology of cultivation of spring and winter grain crops of hard and strong varieties is justified, which will allow in the conditions of real agricultural production to form an adapted technology, thereby achieving a significant increase in yield and reducing the cost of grain products.

**Keywords:** grain crops, wheat of hard and strong varieties yield, resource conservation, minimal processing, cultivation technology, technical means.

Как в целом по Республике Казахстан, так и в его Западных регионах, в последнее время получили широкое распространение минимальная и нулевая технологии возделывания зерновых культур, предусматривающие либо минимизацию операций по предпосевной обработке почвы, либо посев по необработанному полю при сохранении стерни и равномерно разбросанной соломе, и полный отказ от механической обработки. Однако, при всех своих преимуществах, одним из главных недостатков таких обработок явилось то, что они не могут быть использованы под все виды культур и на всех типах почв. Также существенными недостатками вышеуказанных технологий является повышенное использование гербицидов, обуславливающее загрязнение среды и отравления продукции, риски развития болезней и вредителей, дефицит минерального азота и фосфора в почве, сложности с внесением органических удобрений и минералов и др. Любая технология возделывания сельскохозяйственных культур, и в особенности зерновых культур, должна быть адаптирована к местным условиям, в частности к почвенным и климатическим, учитывать не только современные мировые тенденции, но и

многолетний наработанный опыт отечественных ученых и производителей в данном вопросе [1, 2, 3].

Основой ресурсосбережения и залогом получения высоких урожаев зерновых является полное удовлетворение пшеницы в питательных веществах, повышение влагообеспеченности почвы, применение более совершенных методов борьбы с сорной растительностью, различными болезнями и вредителями, качественное проведение технологических операций в оптимальные агротехнические сроки, использование системы сельскохозяйственной техники, работающей на принципах энерго-, влаго- и ресурсосбережения.

Районированными сортами зерновых для Запада Казахстана являются сильные яровые пшеницы Саратовская 42, Волгоуральская, Красноуральская, твердая пшеница Саратовская 40, Каргала, Оренбургская-10, озимые пшеницы – Мироновская 808, Лютесценс 72, Куйбышевка, озимая рожь – Саратовская крупнозерная, Саратовская 7 и др. [4, 5].

При возделывании пшеницы для данных зон рекомендуется применение 4–5 полевых севооборотов с обязательным наличием кулисных, чистых или черных паров. Размещение пшеницы по лучшим предшественникам является одним из главных условий получения гарантированно высоких урожаев, которыми являются пары, озимая и яровая пшеницы, высеваемые в предыдущем году по парам, а также пропашные культуры и просо. Однако твердые сорта пшеницы рекомендуется размещать только по парам.

Максимальная урожайность яровой пшеницы может быть достигнута при высеве ее по полям с запасами продуктивной влаги в метровом слое почвы не менее 125–135 мм, а также при полном удовлетворении потребностей растений в элементах питания.

Важнейшим элементом повышения урожайности является навоз, который рекомендуется вносить под основную обработку пара нормой 30–40 т/га. При его отсутствии в севооборотах можно возделывать донник и запахивать его на

зеленое удобрение в паровом поле или под яровую пшеницу по зяби. Также для данных зон под посев яровой пшеницы необходимо вносить по 10–20 кг действующего вещества фосфора и 20–30 кг азота на гектар при посеве по непаровому предшественнику.

Некоторыми авторами для данной зоны обосновывается то, что в процессе минерализации органического вещества почвы и внесенных органических удобрений в черном пару накапливается значительное количество минеральных форм азота. Поэтому для обеспечения сбалансированного питания озимых в черном или кулисном парах следует вносить только фосфорные минеральные удобрения. Суперфосфат в расчетной норме лучше вносить в три срока на различную глубину: 50 % нормы в начале парования на глубину 20–27 см плоскорезами-глубококорыхлителями, 30 % первую весеннюю культивацию пара на глубину 8–10 см сеялкой-культиватором с обязательным прикатыванием, 20 % нормы с одновременным посевом озимых культур на глубину заделки семян. В 5-польном севообороте примерная общая доза фосфорных удобрений, вносимых в паровое поле составит 75–100 кг действующего вещества на гектар, в 4-польном – 60–80 кг. В качестве основного удобрения лучше использовать простой суперфосфат, содержащий в своем составе кальций, а при посеве – двойной суперфосфат, имеющий более высокое содержание действующего вещества. Хорошим минеральным удобрением для парового поля является также аммофос, где соотношение азота к фосфору составляет 1:4 [6, 7]. Нитроаммофос и аммофос, имеющих хорошую сыпучесть, целесообразно вносить непосредственно в рядки при посеве.

Для повышения качества зерна по результатам листовой диагностики проводится некорневая подкормка пшеницы в период цветения – начало налива зерна.

Основная обработка паров должна проводиться на глубину 25–27 см, что связано с необходимостью внесения в почву органических удобрений. В

весенне-летний периоды по мере появления сорной растительности проводят не менее 3–5 обработок плоскорезами на глубину 8–10 см, которые сопровождаются прикатыванием, а под одну из этих обработок вносятся фосфорные удобрения.

Главным условием повышения влагообеспеченности почвы является посев кулис на паровых полях, в качестве которых могут применяться подсолнечник, кукуруза, горчица и другие кулисные культуры. Для достижения ими нормального роста кулисные растения необходимо высевать не позднее второй-третьей декады июля. Кулисы на поле располагают поперек господствующих зимних ветров с расстоянием между ними 12–18 м.

При наличии на паровых полях многолетних корнеотпрысковых сорняков механические обработки в конце июля–начале августа должны заменяться химическими гербицидными обработками.

Основная обработка под яровую пшеницу, идущую второй культурой после пара, должна проводиться плоскорезами-глубококорыхлителями на глубину 25–27 см. Система весенней предпосевной обработки включает покровное боронование, культивацию и прикатывание. Боронование необходимо проводить сразу после поспевания верхнего слоя почвы. Предпосевные культивации целесообразно проводить только на полях засоренных ранними яровыми сорняками, а глубина обработки не должна превышать 5–6 см.

Качество посевного материала оказывает непосредственное влияние на будущий урожай. Таким важным приемом является обеззараживание семян от головневых и корневых гнилей, а также применение только семян первого и второго класса посевного стандарта.

Оптимальными сроками сева яровой пшеницы, особенно твердой, считаются сроки устойчивого прогревания почвы на глубину заделки семян до 5–7 см, а для посева применяют, как правило, стерневые зерновые сеялки. Норма высева семян устанавливается с учетом сложившихся погодных условий

и имеющихся запасов продуктивной влаги в почве на момент посева. Рекомендуется оптимальная норма при посеве стерневыми сеялками 2,5–2,8 млн. всхожих семян на гектар.

Качество зерна сильной и твердой пшеницы во многом предопределяется чистотой посевов и отсутствием вредителей, поэтому организация и своевременное проведение соответствующих работ по их уничтожению является необходимым мероприятием. Лучшим сроком обработки яровой пшеницы с целью уничтожения двудольных сорняков, является период от начала кущения до выхода в трубку. Посевы опрыскивают гербицидами 2,4-Д-амминной солью, кротиловым, бутиловым и октиловым эфирами. При наземном способе опрыскивания расход рабочего раствора составляет 50–150 л/га, при авиационном – 25–50 л/га. При определении объема работ или площадей, подвергаемых обработке, исходят из следующего: во влажные весны, когда условия благоприятны для развития сорняков, опрыскивается вся площадь поля. В засушливые весны – лишь наиболее засоренные участки [8].

Наряду с сорняками ощутимый ущерб урожаю может быть нанесен различными вредителями, а именно пшеничным трипсом, хлебным жуком, клопом-черепашкой, стеблевым пилильщиком и др. Объем применения средств защиты растений от вредителей и болезней должен быть определен на основе обследования и оценки фитосанитарного состояния посевов.

В зависимости от высоты и густоты стеблестоя, засоренности посевов определяется способ уборки, обеспечивающий минимальные потери урожая зерна и его качества. Наиболее важно провести уборку в оптимальные сроки, не допуская перестоя на корню и длительной лежки в валках. На чистых полях с выровненным хлебостоем применяется прямое комбайнирование, а при неравномерном созревании – раздельная уборка. Особое внимание должно быть уделено срокам и технологии уборки твердой пшеницы.

Предлагаемые технологии возделывания сильной и твердой яровой и озимой пшеницы приведены в таблицах 1 и 2.



Таблица 1 – Технология возделывания сильной и твердой яровой пшеницы

Наименование технологической операции	Примерные сроки выполнения
<b>1. Подготовка пара</b>	
Плоскорезная обработка или основная обработка почвы с внесением органических удобрений	Август-сентябрь
Закрытие влаги	По мере готовности почвы
Плоскорезная обработка на глубину 8–10 см с последующим прикатыванием	Май (после массового всхода сорняков)
Вторая и третья обработки культиваторами или стерневыми сеялками при одновременном внесении гранулированного суперфосфата на глубину 8–10 см в дозе Р 50–60	Июнь
Плоскорезная обработка на глубину 8–10 см с последующим прикатыванием	Июнь
Химическая обработка гербицидами не позднее чем за две недели до посева кулис	Июль
Двухстрочный посев кулис	Июль
Четвертая и пятая культиваторные обработки в межкулисных пространствах	Август-сентябрь
Глубокая плоскорезная обработка на глубину 25–27 см	Конец сентября-начало октября
<b>2. Осенняя обработка почвы после непаровых предшественников</b>	
Плоскорезная обработка почвы на глубину 25–27 см с внесением суперфосфата	После уборки урожая
<b>3. Операции возделывания яровой пшеницы</b>	
Двухкратное снегозадержание	Декабрь, январь
Протравливание семян	За 2...3 недели до посева
Предпосевная обработка почвы парового поля (боронование)	При физической спелости почвы
Предпосевная обработка почвы непарового предшественника (боронование)	При физической спелости почвы
Посев семян с глубиной заделки 5–6 см и одновременным внесением удобрений (суперфосфата)	При устойчивом прогревании почвы на глубину заделки
Уход за посевами (опрыскивание)	В фазе кущения
Защита урожая от вредителей и болезней	Согласно разработанной системы защиты посевов
Уборка урожая (раздельное или прямое комбайнирование) с мульчированием почвы измельченной соломой	Июль-август

Таблица 2 – Технология возделывания сильной и твердой озимой пшеницы

Наименование технологической операции	Примерные сроки выполнения
<b>1. Подготовка пара</b>	
Поверхностное рыхление или плоскорезная обработка почвы на глубину 8–10 см	Август
Химическая обработка гербицидами	Август
Плоскорезная или основная обработка почвы на глубину 20–25 см с внесением органических и/или мин. удобрений	Август-сентябрь
Двухкратное снегозадержание	Декабрь, январь
Закрытие влаги (боронование)	Апрель (по мере готовности почвы)
Первая культивация на глубину 8–10 см с внесением фосфорных удобрений и последующим прикатыванием	Май (после массового всхода сорняков)
Вторая и третья обработки культивации на глубину 6–8 см с одновременным прикатыванием	Июнь-июль
Периодическая поверхностная обработка почвы боронами или культиваторами	По мере выпадения осадков и прорастания сорняков
Двухстрочный посев кулис	Июль
<b>2. Операции возделывания озимой пшеницы</b>	
Подготовка и протравливание семян	За 2...3 недели до посева
Посев семян с глубиной заделки 5–8 см и одновременным внесением мин.удобрений (суперфосфата)	Конец августа-начало сентября
Ранневесенняя подкормка растений азотными удобрениями	Май
Поздняя некорневая подкормка растений азотными удобрениями	Июнь
Защита урожая от вредителей и болезней	Согласно разработанной системы защиты посевов
Уборка урожая (раздельное или прямое комбайнирование) с мульчированием почвы измельченной соломой	Июль-август

Таким образом, предлагаемые технологии возделывания яровых и озимых зерновых культур позволят в условиях реального сельскохозяйственного производства сформировать адаптированную технологию и подобрать необходимую для ее реализации сельскохозяйственную технику, за счет чего добиться существенного повышения урожайности и снижения себестоимости зерновой продукции.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курлов А.П., Гилев С.Д., Замятин А.А., Цымбаленко И.Н., Степных Н.В. Перспективы нулевой технологии возделывания яровой пшеницы в Центральной Лесостепи Зауралья // Земледелие. 2013. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-nulevoy-tehnologii-vozdelyvaniya-yarovoy-pshenitsy-v-tsentralnoy-lesostepi-zauralya> (дата обращения: 27.04.2023).

2. Гринец Л.В., Сенькова Л.А., Мингалев С.К. Влияние нулевой технологии обработки почвы на качество урожая зерна // АОН. 2019. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-nulevoy-tehnologii-obrabotki-pochvy-na-kachestvo-urozhaya-zerna> (дата обращения: 27.04.2023).

3. Ширванов Р.Б. Ресурсосберегающие технологии возделывания зерновых культур. - Материалы XXXIV Междунар. науч.-технич. Конф. имени В.В. Михайлова «Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники». – Вып. 34. – Саратов: ООО «Амирит», 2021. – С.210–217.

4. Аманжолов С.Д., Лиманская В.Б., Шектыбаева Г.Х., Диденко И.Л., Иманбаева Г.К., Абдрахманов Д.Х. Рекомендации по проведению весеннего сева яровой пшеницы в Западно-Казахстанской области на 2020 год. – ТОО «Уральская с/х опытная станция», 2020. - 19 с. URL: <https://bossagro.kz/13743-rekomendacii-po-provedeniyu-vesennego-seva-yarovojs-pshenicy-v-zapadno-kazaxstanskoj-oblasti-na-2020-g/?ysclid=lh9cxj3myx341808614> (дата обращения: 28.04.2023).

5. Цыганков В.И., Цыганкова М.Ю., Цыганков И.Г., Уразалиев Р.А., Аширбаева С.А. Районированные и новые конкурентоспособные сорта твёрдой пшеницы отечественной селекции для степных и сухостепных зон Казахстана // Известия ОГАУ. 2013. №6 (44). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rayonirovannye-i-novye-konkurentosposobnye-sorta-tvyordoy-pshenitsy-otechestvennoy-selektсии-dlya-stepnyh-i-suhostepnyh-zon-kazahstana> (дата обращения: 02.05.2023).

6. Булеков Т.А., Кучеров В.С. Технология возделывания и качество зерна яровой пшеницы на Западе Казахстана // Известия ОГАУ. 2008. №17-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-vozdelyvaniya-i-kachestvo-zerna-yarovoy-pshenitsy-na-zapade-kazahstana> (дата обращения: 02.05.2023).

7. Вьюрков В.В. Новые озимые культуры на темно-каштановых почвах Приуралья // Наука, образование и культура. 2017. №8 (23). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/novye-ozimye-kultury-na-temno-kashtanovyh-rochvah-priuralya> (дата обращения: 04.05.2023).

8. Ресурсосберегающие системы обработки почвы // Под ред. Академика ВАСХНИЛ Макарова И.П. – М.: Агропромиздат, 1990. – 242 с.

## АНАЛИЗ СЕЛЕКЦИОННЫХ СЕЯЛОК ДЛЯ ПОСЕВА ЗЕРНОВЫХ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

*С.А. Шишурин, Р.Н. Бахтиев, А.М. Марадудин,  
А.А. Леонтьев, И.Ю. Илларионов*

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

**Аннотация:** в статье приведен анализ существующих сеялок, применяющихся в селекционных и семеноводческих хозяйствах РФ при посеве зерновых и овощных культур. Из проведенного анализа видно, что при посеве, в большинстве случаев, упор делается на ручной труд, а современные импортные сеялки являются дорогостоящими и требующими замены на отечественном рынке ввиду обеспечения технологического суверенитета страны. Совершенствование конструкций существующих селекционных сеялок возможно за счет использования усовершенствованных типов рабочих органов и замены ручного труда машинным, в частности роботизацией данного процесса.

**Ключевые слова:** сеялка, механизация, сошник, высевающий аппарат, мобильность, деланка, маркер, селекция, роботизация.

## ANALYSIS OF BREEDING SEEDERS FOR SOWING GRAIN AND VEGETABLE CROPS

*S.A. Shishurin, R.N. Bakhtiev, A.M. Maradudin, A.A. Leontiev, I.Yu. Illarionov*

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

**Abstract:** the article provides an analysis of existing seed drills used in breeding and seed farms of the Russian Federation for sowing grain and vegetable crops. The analysis shows that when sowing, in most cases, the emphasis is on manual labor, and modern imported seeders are expensive and require replacement on the domestic market due to ensuring the technological sovereignty of the country. The improvement of the designs of existing breeding seeders is possible through the use of improved types of working bodies and the replacement of manual labor with machine labor, in particular, by robotization of this process.

**Keywords:** seeder, mechanization, coulter, sowing machine, mobility, plotting, marker, selection, robotization.

Производство семенного фонда как зерновых, так и овощных культур одна из значимых и приоритетных отраслей сельского хозяйства, которая определяет степень продовольственной независимости страны. В ближайшие годы с учетом задач по импортозамещению потребуется увеличение производственных площадей и как следствие возрастет доля потребности семенного материала.

Степень реализации потенциала сорта и качества семян во многом зависит от способа посева, технических средств для его выполнения, сроков и норм высева семян. Для увеличения объемов производства и обеспечения сельхозтоваропроизводителей посевным материалом высокого качества необходимо оснащение селекционных и семеноводческих хозяйств перспективными универсальными посевными машинами, пригодными для посева в различных почвенно-климатических условиях, особенно при повышенной влажности почвы, с соблюдением норм высева крупно- и мелкосеменных культур и постоянной заданной глубины [1].

В настоящее время, для посева опытных делянок, на первом этапе селекционного процесса сельскохозяйственных культур используются ручные сеялки-сажалки однорядные (рисунок 1, а) и двухрядные (рисунок 1, б) нажимного типа.



а)



б)

Рисунок 1. Ручные сеялки-сажалки: а) – однорядные; б) – двухрядные

Сеялки ручные для посева мелкосеменных культур типоряда СМК-1,-2,-3,-4,-5 (ВПС 27/1-10/4) (рисунок 2) предназначены для рядового посева мелкосеменных овощных культур в теплицах, парниках и открытом грунте. Конструкция изменяется добавлением на вал со штампованными колесами высевающих секций со втулочно-высевающим аппаратом с пассивным сбрасывателем. Норма высева регулируется подбором втулок [2].

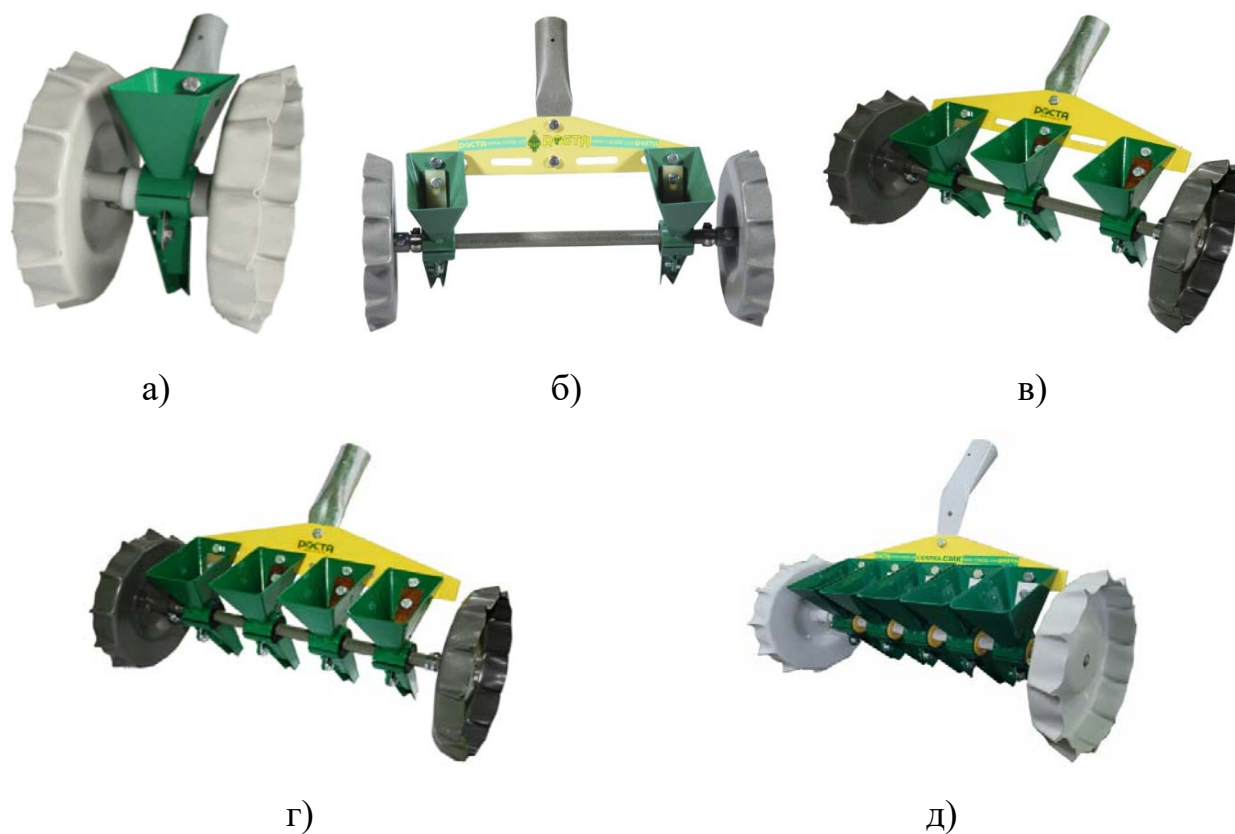


Рисунок 2. Ручные сеялки СМК: а) – СМК-1; б) – СМК-2;  
в) – СМК-3; г) – СМК-4; д) – СМК-5

Сеялка овощная однорядная СОР-1/1 (ЩВА 96/6) (рисунок 3), предназначена для пунктирного и гнездового посева семян овощных культур: томатов, свеклы, лука, редиса, моркови. Универсальность конструкции позволяет легко настроить сеялку под высев любой овощной культуры. Является модификацией сеялки СОР-1/1 (ВСП 52/1-24/3). Для переоборудования необходимы замена высевающего аппарата, приводного вала со ступицей, набора звездочек, установка дополнительных звеньев цепи. В задней части

высевающего бункера находится калибровочный диск, на котором расположены отверстия разного диаметра. После посева овощных культур можно вносить в междурядье минеральные удобрения [2–3].

Данные сеялки приводятся в действие человеком и характеризуются низкой степенью механизации труда, что сказывается на производительности процесса и высоких трудозатратах.



а)

б)

Рисунок 3. Сеялка овощная однорядная СОР-1/1: а) – внешний вид; б) – щеточный высевающий аппарат

Продукция ведущих зарубежных компаний по производству сеялок для различных этапов селекционно-семеноводческих работ – «Wintersteiger», «Zürn Harvesting» и «Haldrup» является дорогостоящей и требующей замены на отечественном рынке ввиду обеспечения технологического суверенитета страны.

Современные возможности робототехники позволяют внедрять различные решения, способствующие полной или частичной замене ручного человеческого труда на машинный с использованием роботизированных устройств.

Таким образом, наиболее перспективным представляется разработка и применение современной роботизированной селекционной сеялки на первом этапе селекционного процесса. Это позволит повысить качество и производительность процесса посева и значительно снизить трудозатраты, так как ручной труд заменяется машинным, а процесс посева роботизируется.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шайхов М.К. Универсальная селекционнофермерская сеялка / М.К. Шайхов, О.А. Сизов, М.М. Шайхов, Х.Х. Шайдуллин, Р.Х. Шайдуллин, Ю.В. Еров. – Текст: непосредственный // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2014. № 3. С. 39-43. URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_21790763\\_23400247.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_21790763_23400247.pdf) (дата обращения: 24.07.2023).

2. Алдошин Н.В., Васильев А.С., Голубев В.В., Мишуров Н.П., Неменушая Л.А., Болотина М.Н., Пискунова Н.А., Осмоловский П.Д., Манохина А.А. Машины и оборудование для селекции и семеноводства овощных культур: кат. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. – 88 с. URL: <https://rosinformagrotech.ru/data/elektronnye-kopii-izdanij/normativnye-dokumenty-spravochniki-katalogi-i-dr/send/66-normativnye-dokumenty-spravochniki-katalogi/1528-mashiny-i-oborudovanie-dlya-selektcii-i-semenovodstva-ovoshchnykh-kultur-katalog> (дата обращения: 24.07.2023).

3. Гольдяпин В.Я. В сборнике: Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК. Материалы XIII Международной научно-практической интернет-конференции. п. Правдинский, Московская обл., 2021. С. 112-119. – Текст: непосредственный // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2014. № 3. С. 39-43. URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_47224936\\_49485909.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_47224936_49485909.pdf) (дата обращения: 24.07.2023).

---

---

## ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

Автор подготавливает текст статьи в электронном виде в соответствии с правилами оформления и сдает непосредственно в редакцию либо присылает по почте. Поступившие в редакцию материалы проходят экспертную оценку ведущими учеными России и зарубежных стран. О решении редакционной коллегии о возможности опубликования статьи и сроках ее публикации редакция уведомляет автора в течение пяти рабочих дней с момента принятия решения. Редакция оставляет за собой право при необходимости сокращать принятые материалы, подвергать их редакционной правке и отсылать авторам на доработку. Статьи, направленные авторам для исправления, должны быть возвращены в редакцию с внесенными исправлениями не позднее чем через месяц после получения.

Ставя свою подпись под статьей с фразой «статья публикуется впервые», автор тем самым передает права на издание и гарантирует, что она является оригинальной и не была опубликована полностью или частично в других изданиях.

Объем рукописи не должен превышать 20 тыс. знаков, а заголовок статьи – 70 знаков. На первой странице рукописи статьи указываются УДК, название статьи прописными буквами жирным шрифтом. Следующая строка, набранная курсивом, – инициалы и фамилия автора (авторов). Далее строка о местонахождении: полное название организации и города, если они расположены в России и странах СНГ; при местонахождении в дальнем зарубежье указываются организация, город и страна. Затем помещаются краткая аннотация объемом 30–50 слов и 5–7 ключевых слов. После этого тема статьи, инициалы и фамилия автора (авторов), название организации, города и страны, аннотация и ключевые слова дублируются на английском языке. К статье прилагаются следующие сведения о каждом авторе: фамилия, имя, отчество, место работы, должность, ученая степень, почетное и ученое звание, контактный телефон, почтовый и электронный адреса.

Статьи, присылаемые для публикации, должны соответствовать следующим требованиям: шрифт – Times New Roman; размер шрифта – 14 пт; междустрочный интервал – 1,5; формат – А4 книжный (297x210); формат файла – статья должна быть сохранена в формате doc (MS Word 1997–2003).

Представление формул в виде картинок недопустимо! Простые формулы допускается набирать обычным текстом. Специальные символы, такие как греческие буквы, знаки умножения,  $\leq$ ,  $\geq$ ,  $\approx$ ,  $\neq$ ,  $\equiv$ ,  $\infty$ ,  $\cap$ ,  $\sum$ , можно вставить, используя команду «Вставка» → «Символ». Более сложные формулы должны быть набраны в редакторе формул MathType 5.x или Microsoft Equation 3.0 (входит в состав MS Word).

Используемые в статье рисунки должны быть присланы в виде отдельных графических файлов. Пожалуйста, не внедряйте рисунки в текст документа, от этого их качество ухудшается. Рисунки должны быть пронумерованы согласно их положению в статье. Допустимые форматы растровые – JPG, BMP, TIFF,

---

---

PNG, GIF, векторные – EPS, CDR, CDX, WMF, EMF. Разрешение растровых иллюстраций должно быть не менее 300 dpi.

Таблица должна быть набрана тем же шрифтом, что и текст. В столбцах необходимо выровнять содержание. Столбец «№ п/п» со всеми строками выравнивается по центру, остальные столбцы по центру или по левому краю (в зависимости от содержания).

Диаграммы Microsoft Excel, внедренные в статью, должны быть редактируемыми. Пристатейный список литературы должен оформляться в соответствии с ГОСТ 7.0.52008. В тексте ссылки на литературу оформляются в виде номера в квадратных скобках на каждый источник.

Аспиранты освобождаются от платы за опубликование рукописей.

---

---

Научное издание

# **ПРОБЛЕМЫ ЭКОНОМИЧНОСТИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ**

**Материалы Международной научно-технической  
конференции имени В.В. Михайлова  
посвященной 110-летию Вавиловского университета**

Выпуск 36

Перепечатка материалов сборника  
XXXVI Международная научно-техническая  
конференция имени В.В. Михайлова  
«Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники»  
и использование их в любой форме, в том числе электронной,  
без предварительного письменного разрешения не допускаются.

ISBN 978-5-7011-0833-0



Электронное издание

Адрес размещения: <https://www.vavilovsar.ru/nauka/konferencii-saratovskogo-gau/2023-g>

Размещено 10.11.2023 г.

Объем данных: 13,8 Мбайт. Аналог печ. л. 25,5

Формат 60×84 1/16. Заказ №833/2023

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени 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.