

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

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

**ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ**

**Белорусский государственный аграрный технический университет**

**Западно-Казахстанский государственный университет**

**имени М. Утемисова**

**РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева**

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

**ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ**

**ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ**

**ООО «ТВС-АГРОТЕХНИКА»**

**ООО «Агросоюз-Маркет»**

**XXXVII МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ ИМЕНИ В.В. МИХАЙЛОВА  
«ПРОБЛЕМЫ ЭКОНОМИЧНОСТИ  
И ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ»**



**г. Саратов**

---

---

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии  
и инженерии имени Н.И. Вавилова  
ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ  
Белорусский государственный аграрный технический университет  
Западно-Казахстанский государственный университет  
имени М. Утемисова  
РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева  
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт  
использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»  
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ  
ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ  
ООО «ТВС-АГРОТЕХНИКА»  
ООО «Агросоюз-Маркет»

**ПРОБЛЕМЫ ЭКОНОМИЧНОСТИ  
И ЭКСПЛУАТАЦИИ  
АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ**

**Выпуск 37**

**Саратов**

**2024**

---

---

УДК 621.43.01(082)

ББК 31.365

П 78

Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники : Материалы Международной научно-технической конференции имени В.В. Михайлова. – Вып. 37. – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024. – 300 с.

ISBN 978-5-7011-0865-1

В сборнике представлены материалы докладов участников XXXVII Международной научно-технической конференции имени В.В. Михайлова «Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники», проходившей 15, 16 мая 2024 года на базе ФГБОУ ВО Вавиловский университет.

В статьях рассмотрены общетеоретические и прикладные вопросы эксплуатации, ремонта, диагностирования, применения цифровых технологий в сельском хозяйстве, совершенствования конструкции автотракторной и сельскохозяйственной техники, а также результаты современных исследований специалистов в растениеводстве и механизации сельского хозяйства.

Материалы статей имеют научно-практическое значение и предназначены для инженеров, преподавателей, научных работников. Они будут полезны обучающимся старших курсов вузов, магистрантам, аспирантам, докторантам.

УДК 621.43.01(082)

ББК 31.365

Материалы изданы в авторской редакции

ISBN 978-5-7011-0865-1

© ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024

© Авторы статей, 2024

---

---

## Уважаемые читатели!

В этом сборнике опубликованы материалы XXXVII Международной научно-технической конференции имени В.В. Михайлова «Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники», проходившей 15, 16 мая 2024 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, ремонта, диагностирования, применения цифровых технологий в сельском хозяйстве, совершенствования конструкции автотракторной и сельскохозяйственной техники, а также результаты современных исследований специалистов в растениеводстве и механизации сельского хозяйства.

Материалы статей 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

- Снежко А.В., Снежко В.А.** О возможности использования центрифуги с вихревым приводом для очистки воздуха 9
- Стрельников В.А.** Образование оксидов углерода и азота в дизелях и их воздействие на окружающую среду 15
- Уханов Д.А., Глазунов И.Д., Уханов А.П.** Исследование влияния температур цилиндрических газов и моторного топлива на закоксовывание распылителей дизельных форсунок 20

### ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

- Денисов А.С., Горшенина Е.Ю.** Изменение параметров моторного масла в процессе эксплуатации двигателей зерновозов 27
- Игнатов А.В., Денисов А.С., Феклин Е.В.** Разработка сети ЦСП для технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники 34
- Карагодин В.И., Хапугин Р.А., Чан Ван Доан** Зависимость конструктивно-технологической однородности гидромолотов от программы их ремонта 41
- Карагодин В.И., Григорьев Д.А., Чан Ван Доан** Распределение работ по ремонту гидромолотов между стационарными и полевыми условиями 46
- Коцарь Ю.А., Кабанов О.В., Кочегарова О.С., Кабанов Е.О.** Прототип гусеничного трактора с гидростатической трансмиссией СЭМ-6 для точного земледелия 52
- Юдаев Н.В., Денисов Р.А., Елисеев И.И.** Способы контроля затяжки резьбовых соединений 59

### ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

- Севастьяк Т.В., Раубо В.М., Гурина А.Н., Гаркуша А.В., Процко Л.Е., Андрухович Е.С., Савельева О.В.** Применение LIDAR как способ снижения травматизма при эксплуатации МТА 66

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

- Абакаров А.А., Игитов Ш.М., Гечекбаев Ш.Д.** Экспресс-диагностика состояния моторного масла автомобильных двигателей 71
- Гиляжева Д.Н., Каневская И.Ю.** Современное состояние наличия сельскохозяйственной техники в Саратовской области 77
- Гребенников С.А., Гребенников А.С., Киселев Г.О., Рогожин А.В., Косарева А.В.** Методология прогнозирования ресурса одноименных элементов в составе агрегата 81
- Гребенников С.А., Гребенников А.С., Киселев Г.О., Рогожин А.В., Косарева А.В.** Методологические особенности диагностирования одноименных механизмов ДВС 90
- Жерновников Д.Н., Вязинкин В.С., Забродская А.В.** Результаты исследований по оценке состава масла для консервации ДВС зерноуборочных комбайнов 98
- Корнеева В.К., Капцевич В.М., Спиридович П.М., Закревский И.В., Мотыль И.С.** Патч-тестирование – эффективный метод оценки наличия механических примесей в моторном масле работающего двигателя 106
- Кошелев А.В., Забродская А.В., Вязинкин В.С.** Результаты исследования по очистке систем двигателей тракторов 111
- Нагдаев В.К., Жерновников Д.Н., Кошелев А.В., Забродская А.В.** Анализ процесса угара и изменения свойств масла 117
- Прокопцова М.Д.** Испытательное оборудование для комплексной оценки эксплуатационных свойств моторных масел 123
- ## **Трибологические аспекты повышения ресурса машин и оборудования**
- Азаров А.С.** Результаты исследований элементного состава материала поверхностей качения лабораторных роликов после трибомодификации в среде нанокompонентной пластичной смазки 130

## **НАНОМАТЕРИАЛЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

**Горбушин П.А., Сафонов В.В., Шишурин С.А., Вольсков Р.В., Миронова Е.А.** Определение влияния состава электролита и режимов нанесения хромовых покрытий на их микротвердость 140

**Сафонов В.В., Шишурин С.А., Сафонов К.В., Дудкин Е.А., Курдюков Д.В.** Исследование смачиваемости поверхности трения, сформированной под действием порошкообразной добавки к моторному маслу 148

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

**Андреев Н.А., Левченко Г.В., Левченко А.В., Никитин А.В.** Обоснование конструктивной схемы машины для обрезки растительных остатков шпалерных овощных культур 154

**Бойков В.М., Нестеров Е.С., Павлов А.В.** Бактерии и питание растений 161

**Бойков В.М., Старцев С.В., Павлов А.В., Нестеров Е.С.** Управление заделкой пожнивными остатками при основной обработке почвы в засушливом земледелии 166

**Бойков В.М., Старцев С.В., Павлов А.В., Нестеров Е.С.** Технологии обработки почвы для посева озимых культур в Поволжье. Чистый пар. Часть I 173

**Венскайтис В.В.** Обоснование параметров режима балансировки барабана измельчителя-разбрасывателя зерноуборочного комбайна ACROS 180

**Гурьянова А.А., Комаров Ю.В.** Расчет количества направителей семян в распределителе 189

**Ершов С.В.** Особенности конструкций рядковых адаптеров для уборки подсолнечника 193

**Макаров С.А., Данилин А.В., Приданов М.А., Миронова Е.А.** Сапропели: как природный ресурс органического сырья и их влияние на эффективность производства продукции растениеводства 206

**Макаров С.А., Данилин А.В., Паницков А.С., Берёзкин А.С., Шишкин И.В.** Виды вермикомпоста, применяемые в тепличных хозяйствах 212

<b>Макаров С.А., Данилин А.В., Паницков А.С., Степанов С.Ю., Миронова Е.А.</b> Использование шнековых пресс-экструдеров в кормопроизводстве	216
<b>Милюткин В.А.</b> Технологические преимущества агрохимического комплекса на транспортно-энергетической платформе (на примере агрегата «Туман» ООО «Пегас-Агро», г. Самара, Россия)	223
<b>Павлов П.И., Васильчиков В.В.</b> Экспериментальное исследование конструктивных параметров стрелы фронтального погрузчика	229
<b>Павлов П.И., Смотряков Д.А., Овчинникова Т.В.</b> Экспериментальное исследование пресса для формирования блоков грибного субстрата	234
<b>Павлов П.И., Дзюбан И.Л., Везиров А.О.</b> Совершенствование процессов приготовления твердых органоминеральных удобрений	239
<b>Павлов П.И., Курунин В.А.</b> Технические средства для очистки транспортерных лент	245
<b>Соколов Н.М., Стрельцов С.Б., Худяков В.В., Покусаев П.А.</b> Опыт применения ресурсосберегающей обработки почвы на склоновых землях	248
<b>Старцев А.С., Иксанов К.В.</b> Особенности конструкций и регулировок удлинителей верхних решёт зерноуборочных комбайнов	254
<b>Старцев А.С., Иксанов К.В., Ершов С.В.</b> Геометрические размеры гребёнок решёт системы очистки зерноуборочных комбайнов	267
<b>Шардина Г.Е., Никишин Д.С.</b> Аналитический обзор сепарирующих рабочих органов машин для уборки луковичных культур	275
<b>Шардина Г.Е., Раточков А.А.</b> Выбор оптимального варианта конструктивной схемы сошника зерновой сеялки	280
<b>Ширванов Р.Б.</b> Факторный анализ производственной среды операторов автотракторной техники	284
<b>Шишурин С.А., Марадудин А.М., Бахтиев Р.Н., Леонтьев А.А., Курыленко Д.Д.</b> Методика проведения лабораторных испытаний высевающего аппарата катушечного типа	292

# МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Научная статья

УДК 630.228.7

## О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦЕНТРИФУГИ С ВИХРЕВЫМ ПРИВОДОМ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА

*А.В. Снежко, В.А. Снежко*

Азово-Черноморский инженерный институт  
ФГБОУ ВО «Донской ГАУ», г. Зерноград, Россия

**Аннотация:** рассмотрена возможность использования центрифуги с вихревым гидроприводом для очистки газов. Произведен анализ отличительных особенностей вихревого привода при замене жидкой среды на газ. Оценены потенциальные возможности центрифуги при очистке воздуха. Представлена экспериментальная модель газовой центрифуги. Приведены некоторые результаты ее испытаний на всасывающем тракте бытового пылесоса. Они показали работоспособность центрифуги и применимость методик расчета вихревого гидропривода для газовой среды.

**Ключевые слова:** очистка воздуха, газовая центрифуга, газовый поток, вихревой гидропривод, центробежная турбина.

Original article

## ON THE POSSIBILITY OF USING A CENTRIFUGE VORTEX DRIVEN FOR AIR CLEANING

*A.V. Snezhko, V.A. Snezhko*

Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of FSBEI HE  
«Don State Agrarian University» in Zernograd, Russia

**Abstract:** possibility of using centrifuge with vortex hydraulic drive for gas cleaning is considered. Vortex drive features were analyzed when replacing the liquid medium with gas. Potential capabilities of the centrifuge for air purification were evaluated. Experimental model of gas centrifuge is presented. Some results of its tests on the suction path of a household vacuum cleaner are given. Experiments have shown the operability of the centrifuge and proved the possibility of using methods for calculating a vortex hydraulic drive for a gas medium.

**Keywords:** air purification, gas centrifuge, gas flow, vortex hydraulic drive, centrifugal turbine.

Одним из наиболее эффективных способов очистки газовых неоднородных систем и, в частности, воздуха от механических примесей и капельных жидкостей является центробежная. Большинство газовых

центробежных очистителей статичны (вихревые моно- и мультициклоны). Однако известны примеры успешного применения центрифуг, в том числе с приводом роторов от энергии потока самого очищаемого газа.

Конструкции приводов центрифуг, как правило, представляют различные варианты классической турбины Френсиса, например, в виде центростремительной турбины радиально-осевого типа [1]. Здесь привод имеет неподвижный направляющий аппарат в виде системы тангенциальных каналов, расположенных на периферии ротора и рабочее колесо турбины, установленное при входе в ротор центрифуги.

В другом случае [2] использована турбина осевого типа, установленная также на периферии ротора, в виде неподвижного осевого завихрителя и рабочего колеса, прикреплённого к ротору.

Известен также привод ротора в виде ковшовой турбины (Пельтона) [3].

Общий недостаток этих приводов в том, что закрученный газовый поток подводится на периферию ротора, поэтому для получения высокой частоты его вращения, а, следовательно, эффективности очистки, должна быть большой скорость подводимого потока, а, следовательно, напор газа и его гидравлические потери.

С учетом этого предпочтительно применение не центростремительной турбины, а центробежной, где подвод газа производится вблизи ее оси. Такой вариант возможен в приводах, так называемого вихревого типа. Известны исследования вихревого привода жидкостных центрифуг [4], а также ряд патентов таких центрифуг [5].

В частности, запатентована центрифуга для очистки жидких неоднородных систем с верхним расположением вихревого гидропривода и открытым корпусом [6]. Ее привод представляет собой радиально-осевую центробежную турбину. Вихревая камера (направляющий аппарат) имеет несколько расположенных на ее периферии тангенциальных входных каналов прямоугольного сечения. На выходе из центрального отверстия камеры формируется вращающийся и конически расходящийся поток. Рабочее колесо турбины имеет радиальные каналы проточной зоны. Они ориентированы под тем же углом конусности и выводят поток на периферию внутренней полости сепарации ротора через ряд отверстий в его колонке, выполненных для каждого канала колеса.

Однако использование подобного привода для газовых центрифуг требует теоретического обоснования и оценки.

Для газов применение законов движения капельной жидкости допустимо, если число Маха не превышает 0,15...0,2. Скорость звука в воздухе (при 30<sup>0</sup>С) составляет порядка 350 м/с. Тогда допустимая скорость потока в приводе центрифуги будет составлять  $v = 52...70$  м/с. Таких больших скоростей в приводах центрифуг, как показывает практика, не бывает, поэтому методы проектирования и расчетов центрифуг с гидроприводом, очевидно, можно применять и для газовых.

Оценим, какие отличительные особенности возникают у центрифуг с вихревым приводом при замене жидкой среды на газ.

1. В центрифугах с вихревым приводом используется энергия самого очищаемого потока. Его движущий момент равен [4]

$$M_{\partial} = \rho Q \omega R_1^2.$$

При установившейся скорости вращения ротора центрифуги движущий момент равен моменту сопротивления вращению:  $M_{\partial} = M_c$ , и тогда

$$Q = \frac{M_c}{\rho \omega R_1^2}.$$

Здесь  $Q$  – расход через центрифугу, в том числе на ее привод, м<sup>3</sup>/с;  $\omega$  – угловая скорость ротора, с<sup>-1</sup>;  $\rho$  – плотность очищаемой среды (жидкости или газа), кг/м<sup>3</sup>,  $R_1$  – радиус (плечо) ввода потока в рабочее колесо турбины, м.

Как видно, расход на привод зависит от физических свойств среды, в частности от её плотности. Соотношение расходов при очистке, например, воздуха  $Q_{\text{в}}$  и моторного масла  $Q_{\text{м}}$  для центрифуг с равными угловыми скоростями роторов  $\omega$  и моментами сопротивления  $M_c$  составит

$$\frac{Q_{\text{в}}}{Q_{\text{м}}} = \frac{\rho_{\text{м}}}{\rho_{\text{в}}} \cdot \left( \frac{R_{1\text{м}}}{R_{1\text{в}}} \right)^2.$$

Тогда, при плотности масла и воздуха соответственно  $\rho_{\text{м}} = 900$  кг/м<sup>3</sup> и  $\rho_{\text{в}} = 1,2$  кг/м<sup>3</sup>, а также рациональной приемлемой разнице радиусов ввода потоков в турбинное колесо [4]:  $R_{1\text{в}} = (2...3)R_{1\text{м}}$ , отношение расходов составит

$$\frac{Q_{\text{в}}}{Q_{\text{м}}} = 187...83.$$

Таким образом, повышенный расход среды и соответственно скорости потока в приводе газовой центрифуги, в сравнении с жидкостной, приводит к их существенным конструктивным различиям. Например, увеличиваются сечения каналов проточной зоны турбины: завихрителя направляющего аппарата, рабочего колеса, выходного отверстия из ротора.

2. Малая плотность газа и большой его расход, с другой стороны, способствуют малым энергетическим потерям в центрифуге. Гидравлические потери на привод ротора определяются как [4]

$$\Delta P_{\text{пр}} = \frac{M_c \omega}{Q}.$$

Тогда в центрифуге для очистки воздуха (при  $Q_{\text{в}}/Q_{\text{м}} = 187...83$ ) они могут оказаться во столько же раз меньшими, чем в аналогичной масляной.

Путевые и местные гидравлические потери в каналах проточной части турбины пропорциональны кинетической энергии потока –  $\rho w^2/2$ , т.е. они зависят от плотности и скорости  $w$  среды. Тогда, если допустить, что скорости в каналах воздушной центрифуги в 10 раз больше, чем в масляной (что вполне вероятно), то имеем

$$\frac{\Delta P_m}{\Delta P_g} = \frac{\rho_m}{\rho_g} \cdot \left( \frac{w_m}{w_g} \right)^2 = 7,5,$$

т.е. гидрпотери в каналах центрифуги для очистки воздуха будут в 7,5 раз меньше, чем в аналогичной масляной.

Как показали экспериментальные исследования [4], рабочие давления на входе в масляные центрифуги с вихревым гидроприводом составляют порядка 5...8 атм в зависимости от условий их эксплуатации и решаемых задач. Таким образом, газовые центрифуги аналогичной конструкции, вероятно, будут способны работать при давлениях меньших 1 атм, т.е. в зоне разряжения, что характерно, для систем очистки воздуха на всасывании (например, в двигателях внутреннего сгорания или пылесосах).

Исходя из этих замечаний, была разработана и изготовлена оригинальная полнопоточная центрифуга для очистки воздуха с вихревым приводом, в основе конструкции которой лежат известные технические решения [6]. Объем ее ротора составлял  $V = 0,5$  л (рис. 1).



Рисунок 1. Испытательный стенд и общий вид опытной газовой центрифуги с вихревым приводом: 1 – центрифуга; 2 – анемометр; 3 – вакуумметр; 4 – распределительный кран; 5 – пылесос; 6 – корпус центрифуги; 7 – ротор; 8 – основание корпуса с направляющим аппаратом привода

Были проведены предварительные оценочные испытания центрифуги, установленной на всасывающем тракте бытового пылесоса (рис. 1). Их результаты показали ее работоспособность, а, следовательно, вполне приемлемую применимость известных методик расчета вихревого гидропривода [4] и для газовой среды.

Так, были получены (рис. 2) скорости вращения ротора свыше 12,5 тысяч оборотов в минуту при расходе воздуха около  $Q_v = 33$  л/с и сравнительно малом гидравлическом сопротивлении центрифуги, порядка  $\Delta P = 0,08$  атм.

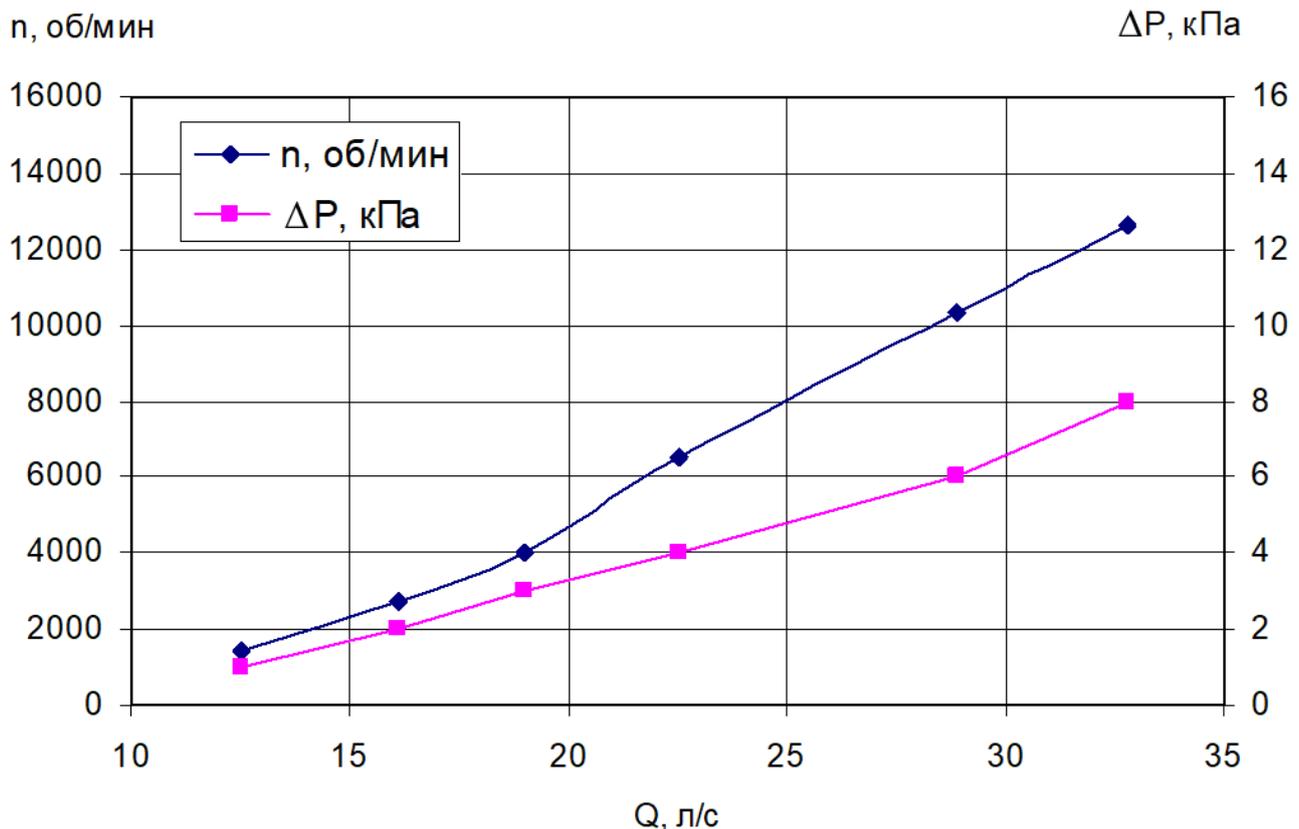


Рисунок 2. Экспериментальные зависимости частоты вращения ( $n$ ) ротора опытной газовой центрифуги и ее гидравлического сопротивления ( $\Delta P$ ) от расхода воздуха в вихревом приводе ( $Q$ )

Таким образом, эксперименты в целом подтвердили теоретически обоснованные ожидания, а полученные предварительные результаты позволяют рассчитывать на возможность центрифуги с вихревым приводом эффективно очищать воздух от механических загрязнений.

Разработанная центрифуга в перспективе могла бы найти применение в промышленных пылесосах, в системах очистки воздуха и выпуска отработанных газов двигателей внутреннего сгорания, в системах вентиляции и кондиционирования производственных помещений, а также кабин транспортных, сельскохозяйственных, горнодобывающих машин и других случаях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. RU 2301114 B04B 5/08. Центрифуга для разделения газожидкостной смеси / Анучин Л.И., Бойченко А.Н. – Заявка: 2005133492/12; 31.10.2005; опубл. 20.06.2007. Бюл. №17.
2. А.с. SU 1400664 A1 B04 B 5/08. Сепаратор / Нелепченко В.М., Колодезный П.А. – Заявка: 4114598; 04.09.1986; опубл. 07.06.1988. Бюл. № 21.
3. Пат. RU 2636502 B04B 5/08. Центрифуга для очистки газа / Андреев О.П. и др. – Заявка: 2016146009, 24.11.2016; опубл. 23.11.2017. Бюл. № 33.
4. Снежко А.В. Центрифуги с вихревым приводом (конструкция, теория, расчёт, применение): монография / А.В. Снежко, В.А. Снежко. – Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2023. – 195 с.
5. Снежко А.В. Центрифуга с вихревым гидроприводом: совершенствование конструкции и перспективы применения / А.В. Снежко, В.А. Снежко // Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники: Материалы Международной научно-технической конференции имени В.В. Михайлова, посвящённой 110-летию Вавиловского университета. – Вып. 36. – Саратов : ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023. – С. 261–268.
6. Пат. RU 2786627 B04B 9/14. Центрифуга с верхним расположением вихревого гидропривода и открытым корпусом / Снежко А.В., Снежко В.А., Лихачев А.Ю. – Заявка: 2022124704; 19.09.2022; опубл. 22.12.2022. Бюл. № 36.

## REFERENCES

1. Patent RU 2301114 B04B 5/08. Centrifuge for separation of gas-liquid mixture/Anuchin L.I., Boychenko A.N. – Application: 2005133492/12; 31.10.2005; published 20.06.2007. Bulletin No. 17.
2. Copyright certificate SU 1400664 A1 B04 B 5/08. Separator / V.M. Ridiculous, P.A. Kolodezny – Application: 4114598; 04.09.1986; published 07.06.1988. Bulletin No. 21.
3. Patent RU 2636502 B04B 5/08. Centrifuge for gas purification / O.P. Andreev et al. – Application: 2016146009, 24.11.2016; published 23.11.2017. Bulletin No. 33.
4. Snezhko A.V. Centrifuges with vortex drive (design, theory, calculation, application): monograph / A.V. Snezhko, V.A. Snezhko. – Zernograd: Azov-Black Sea Engineering Institute of FSBEI HE Donskoy GAU, 2023. – 195 s.
5. Snezhko A.V. Centrifuge with vortex hydraulic drive: improving the design and prospects for use / A.V. Snezhko, V.A. Snezhko // Problems of efficiency and operation of automotive equipment : Materials of the International Scientific and Technical Conference named after V.V. Mikhailov, dedicated to the 110 th anniversary of the University of Vavilov. – Issue 36. – Saratov: FSBEI HE Vavilovsky University, 2023. – S. 261 – 268.
6. Patent RU 2786627 B04B 9/14. Centrifuge with top vortex hydraulic drive and open housing / A.V. Snezhko, V.A. Snezhko, A.Yu. Likhachev – Requisition: 2022124704; 19.09.2022; published 22.12.2022. Bulletin No. 36.

Научная статья  
УДК 621.436.068.4

## **ОБРАЗОВАНИЕ ОКСИДОВ УГЛЕРОДА И АЗОТА В ДИЗЕЛЯХ И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

***В.А. Стрельников***

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

**Аннотация:** в статье рассмотрен процесс образования оксидов углерода и азота в цилиндрах дизеля при его работе. Показано токсичное влияние оксидов углерода и азота на здоровье человека и окружающую среду. Рассмотрены пути снижения выбросов оксидов углерода и азота с отработавшими газами дизелей.

**Ключевые слова:** отработавшие газы дизелей, оксиды углерода и азота, токсичное влияние CO и NO<sub>x</sub>, пути снижения выбросов CO и NO<sub>x</sub>.

Original article

## **CREATION OF THE CARBONIC AND NITROUS OXIDES IN DIESEL ENGINES AND THEIR INFLUENCE ON ENVIRONMENT**

***V.A. Strelnikov***

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

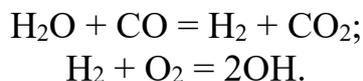
**Abstract:** the article considers the mechanism of creation the carbonic and nitrous oxides in the cylinders during diesel engine operation. The toxic influence of the oxides on health of the man and environment is shown. The ways of the carbonic and nitrous oxides decreasing in the diesel exhaust gases are reported.

**Keywords:** diesel exhaust gases, carbonic and nitrous oxides, the toxic influence of the oxides, ways of the carbonic and nitrous oxides decreasing.

К числу токсичных веществ в отработавших газах дизеля (ОГ) относятся оксиды углерода (CO) и азота (NO<sub>x</sub>). Причем, их образование идет по совершенно различным схемам. Так, присутствие в ОГ продуктов неполного сгорания (CO) связано с химическими реакциями окисления топлива, протекающими как в предпламенный период, так и в процессе сгорания – расширения, и характеризует несовершенство процесса сгорания. Оксиды азота образуются при соединении азота с избыточным кислородом в продуктах сгорания при высоких температурах. Данная реакция носит термический характер и, наоборот, является показателем совершенства процесса сгорания с точки зрения эффективности использования энергии топлива. Чем выше максимальная температура цикла, тем выше КПД цикла, тем больше образуется оксидов азота.

Оксид углерода представляет собой основной промежуточный продукт сложного многостадийного процесса горения углеводородных топлив. Модель механизма цепной реакции разработана учеными Я.Б. Зельдовичем, Н.Н. Семеновым, В.Н. Кондратьевым и может быть представлена следующими элементарными стадиями:

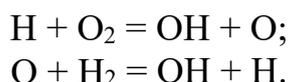
Зарождение цепей:



Продолжение цепей:



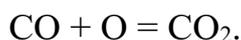
Разветвление цепей:



Обрыв цепей на стенках:



Обрыв цепей в объеме:



Реакция (1.1), наиболее продолжительная по времени, определяет скорость процесса.

Оксид углерода (СО) – прозрачный, не имеющий запаха газ, практически не растворимый в воде, плотность по воздуху 0,97. Попадая в организм человека вместе с вдыхаемым воздухом, СО снижает функцию кислородного питания, выполняемую кровью. Он вытесняет кислород из крови и образует с гемоглобином стойкое соединение – карбоксигемоглобин. Вступая в реакцию с гемоглобином крови, СО блокирует его возможность снабжать организм кислородом. В результате этого у человека наступает удушье, нарушаются функции центральной нервной системы, возможна потеря сознания. Наибольшей опасности отравления окисью углерода подвергаются люди, находящиеся в закрытых, плохо проветриваемых помещениях, рядом с работающим двигателем. Опасно также находиться в кабине транспортного средства с негерметичной системой выпуска ОГ.

При длительном воздействии на организм малых доз оксида углерода могут появиться хронические заболевания. Характерно, что первые симптомы (головная боль, бессонница, повышенная утомляемость, нервозность) обнаруживаются только через 2–3 месяца после начала воздействия СО.

Воздействие СО на организм человека зависит от его концентрации в воздухе: 0,0016 % – вредного воздействия нет; 0,01 % – при длительном пребывании работающих наступает хроническое отравление; 0,05 % – слабое отравление через 14 мин.; 1 % – потеря сознания через несколько вдохов [1].

Радикальный способ снижения выбросов СО – это воздействие на протекание рабочего процесса в двигателе путем применения отдельной камеры сгорания. Однако, недостатком отдельной камеры сгорания, помимо усложнения конструкции двигателя и связанных с этим затрат, являются худшие топливно-экономические показатели двигателя. Достаточно

эффективно (до 70...80 %) снижают выбросы СО каталитические нейтрализаторы окислительного типа, установленные в выпускной системе двигателя.

Оксиды азота относятся к наиболее токсичным веществам, выделяемым дизельным двигателем в процессе его работы. Из оксидов азота  $\text{NO}_x$  в большей степени в цилиндрах двигателя образуется окись азота NO. У двигателей с принудительным воспламенением содержание NO составляет 99 % всего объема оксидов азота, у дизелей – более 90 %.

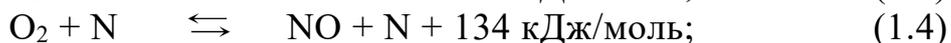
Образование оксидов азота в цилиндрах двигателя может быть описано на основании термической теории, создателями которой являются Н.Н. Семенов, Я.В. Зельдович, Д.А. Франк-Каменецкий.

Согласно этой теории, скорость образования NO определяется максимальной температурой в зоне реакций, концентрацией кислорода и азота в продуктах сгорания и не зависит от химических свойств топлива (если в топливе нет азотсодержащих компонентов).

Необходимым условием окисления NO является диссоциация молекул кислорода:



Окисление азота происходит по цепному механизму:



Определяющей является реакция (1.3), идущая с поглощением теплоты. Ее скорость зависит от концентрации атомарного кислорода.

При содержании в газовой смеси паров воды механизм процесса образования NO может быть комбинированным и включать следующие реакции:



Скорость суммарной реакции (1.7), (1.8), (1.9) определяется уравнением [2]:

$$\frac{d[\text{NO}]}{d\tau} = K_1[\text{N}_2][\text{O}_2] - K_2[\text{NO}]^2, \quad (1.8)$$

где  $[\text{NO}]$  – равновесная концентрация NO, г/м<sup>3</sup>;  $K_1$ ,  $K_2$  – константы скорости прямых и обратных реакций;  $[\text{N}_2]$ ,  $[\text{O}_2]$  – соответственно концентрации азота и кислорода, г/м<sup>3</sup>.

В реакции образования NO, кроме атмосферного азота, может участвовать и азот, содержащийся в топливе. В нефтепродуктах содержится до 5 % азотистых соединений (0,3–0,6% по массе чистого азота). При содержании в топливе азота в количестве 1,4 % от массы выделение NO в процессе сгорания увеличивается примерно в 10 раз. В выпускной системе двигателя (при наличии кислорода в продуктах сгорания) после выхода ОГ в атмосферу происходит окисление NO до  $\text{NO}_2$  по реакции:



Оксиды азота раздражающе действуют на слизистую оболочку глаз, носа и при взаимодействии с влагой верхних дыхательных путей остаются в легких в виде азотной и азотистых кислот. По мере увеличения загрязнения воздуха оксидами азота усиливается их влияние на организм человека: концентрация  $\text{NO}_x$  в воздухе  $10^{-5}\%$  – абсолютный порог воздействия; 0,0001–0,0003 % – порог восприятия запаха; 0,0013 % – порог раздражения слизистых оболочек носа и глаз; 0,001–0,002 % – образование метагемоглобина; 0,004–0,008 % – отек легких.

Опасность воздействия оксидов азота заключается в том, что отравление организма проявляется не сразу, а постепенно, причем каких-либо нейтрализующих средств нет.  $\text{NO}_2$  способствует снижению сопротивляемости к заболеванию дыхательных путей, увеличивает частоту и тяжесть астматических приступов. Оксиды азота служат исходными веществами для фотохимических реакций, в результате которых образуется смог. Вместе с оксидами серы  $\text{NO}_x$  являются причиной выпадения кислотных дождей. Оксиды азота оказывают разрушительное воздействие на ряд материалов: ткани, пластики, резину.  $\text{NO}_x$  не воздействуют непосредственно на металлы, но в результате реакции  $\text{NO}_2$  с атмосферной влагой образуется азотная кислота, которая вызывает коррозию металлов.

В Саратовском государственном аграрном университете им. Н.И. Вавилова под руководством профессоров Цыпцына В.И. и Стрельникова В.А. были разработаны и запатентованы конструкции термокаталитических нейтрализаторов с сажевыми фильтрами [3, 4, 5]. Результаты стендовых и эксплуатационных испытаний разработанных конструкций показали их высокую эффективность, а также стабильность показателей степени очистки в течение всего периода эксплуатационных испытаний. Степень очистки составила в среднем: по СО – 60–70 %,  $\text{NO}_x$  – 30–35 %, по саже – 30–40 %.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стрельников В.А. Повышение экологической безопасности автотракторных дизелей путем разработки и совершенствования методов и технических средств очистки отработавших газов: дисс...докт. техн. наук. Саратов, 2004. – 381 с.
2. Лиханов В.А., Сайкин А.М. Снижение токсичности автомобильных дизелей. – М.: Агропромиздат, 1991 – 208 с.
3. Цыпцын В.И., Стрельников В.А., Сухиташвили М.Д., Гришин А.П. Нейтрализатор отработавших газов дизеля // Патент РФ на изобретение RU 2174184 С2, Заявка № 99126472/06 от 15.12.1999. Оpubл. 27.09.2001. Бюл. №27.
4. Цыпцын В.И., Стрельников В.А., Сухиташвили М.Д., Гришин А.П. Каталитический нейтрализатор отработавших газов дизеля // Патент РФ на изобретение RU 2184249 С2, Заявка № 2000117570/06 от 03.07.2000. Оpubл. 27.06.2002. Бюл. №18.

5. Цыпцын В.И., Стрельников В.А., Истомин С.В. Термический нейтрализатор отработавших газов дизеля // Патент РФ на изобретение RU 2119065 C1, Заявка № 96122894/06 от 03.12.1996. Оpubл. 20.09.1998. Бюл. №26.

#### REFERENCES

1. Strelnikov V.A. Improving the environmental safety of automotive diesel engines by developing and improving methods and technical means of cleaning exhaust gases: dissertation. Technical sciences. Saratov, 2004. – 381 p.

2. Likhanov V.A., Saikin A.M. Reduction of toxicity of automobile diesels. – М.: Agropromizdat, 1991 – 208 p.

3. Tsyptsyn V.I., Strelnikov V.A., Sukhitashvili M.D., Grishin A.P. Diesel exhaust gas neutralizer // RF patent for invention RU 2174184 C2, Application No. 99126472/06 dated 12/15/1999. Publ. 27.09.2001. Byul. No.27.

4. Tsyptsyn V.I., Strelnikov V.A., Sukhitashvili M.D., Grishin A.P. Catalytic converter of diesel exhaust gases // RF patent for invention RU 2184249 C2, Application No. 2000117570/06 dated 07/03/2000. Publ. 06/27/2002. Issue No. 18.

5. Tsyptsyn V.I., Strelnikov V.A., Istomin S.V. Thermal neutralizer of diesel exhaust gases // RF patent for invention RU 2119065 C1, Application No. 96122894/06 dated 03.12.1996. Publ. 09/20/1998. Byul. No. 26.

Научная статья

УДК 621.45.034.3+621.436

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУР ЦИЛИНДРОВЫХ ГАЗОВ И МОТОРНОГО ТОПЛИВА НА ЗАКОКСОВЫВАНИЕ РАСПЫЛИТЕЛЕЙ ДИЗЕЛЬНЫХ ФОРСУНОК

*Д.А. Уханов, И.Д. Глазунов*

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

*А.П. Уханов*

Пензенский государственный аграрный университет,  
г. Пенза, Россия

**Аннотация:** одними из факторов, в наибольшей степени влияющими на процесс ускоренного закоксовывания распылителей топливных форсунок автотранспортных дизелей в условиях моторных испытаний, являются температура внутрицилиндровых газов, прорывающихся во внутреннюю полость распылителей в моменты подъёма и окончания посадки иглы, и температура топлива перед запорным конусом иглы распылителей, коррелируемой с температурой топлива на входе в топливный насос высокого давления (ТНВД). Результаты ускоренных моторных испытаний полноразмерного дизеля MMZ-3LD по коэффициенту закоксовывания распылителей форсунок ( $K_3$ ) показывают, что с повышением интенсивности проникновения высокотемпературных внутрицилиндровых газов через сопловые отверстия в каналы распылителей форсунок коэффициент  $K_3$  увеличивается до 37,66 %, а с повышением температуры топлива на входе в ТНВД с 30 °С до 80 °С коэффициент  $K_3$  увеличивается с 35,67 % до 42,23 %.

**Ключевые слова:** дизельное топливо, форсунка, распылитель, закоксовывание, давление начала впрыскивания топлива, температура топлива, моторный стенд, испытания.

Original article

## INVESTIGATION OF THE EFFECT OF CYLINDER GAS AND MOTOR FUEL TEMPERATURES ON COKING SPRAYERS OF DIESEL INJECTORS

*D.A. Ukhanov, I.D. Glazunov*

FAE «The 25-th state research institute of chemmotology, ministry  
of defense of Russia Federation», Moscow, Russia

*A.P. Ukhanov*

Penza State Agrarian University, Penza, Russia

**Abstract:** one of the factors most affecting the process of accelerated coking of fuel injectors of motor diesel engines in engine testing conditions is the temperature of the intra-cylinder gases bursting into the inner cavity of the sprayers at the moments of lifting and finishing the needle landing, and the fuel temperature in front of the shut-

off cone of the spray needle, correlated with the fuel temperature at the inlet to the high-pressure fuel pump (Fuel injection pump). The results of accelerated motor tests of the full-size MMZ-3LD diesel engine according to the coefficient of coking of the nozzle sprayers (KZ) show that with an increase in the intensity of penetration of high-temperature intra-cylinder gases through the nozzle openings into the channels of the nozzle sprayers, the KZ coefficient increases to 37,66 %, and with an increase in the fuel temperature at the inlet to the injection pump from 30 °C to 80 °C, the KZ coefficient increases with 35,67 % to 42,23 %.

**Keywords:** diesel fuel, nozzle, sprayer, coking, fuel injection start pressure, fuel temperature, engine stand, tests.

### **Введение:**

Качество распыливания топлива в камере сгорания дизеля автотранспортного средства характеризуется средним диаметром капель (дисперсностью распыливания), неоднородностью распределения топлива в топливном факеле, углом раскрытия топливной струи и её дальностью. Эти параметры распыливания топлива в значительной степени определяют эффективность смешения в камере сгорания и, как следствие, качество сгорания топливовоздушной смеси как основного процесса рабочего цикла дизеля, обеспечивающего преобразование внутренней химической энергии топлива в полезную механическую работу.

Одной из наиболее распространенных причин ухудшения качества сгорания является закоксовывание сопловых отверстий распылителей дизельных форсунок. Закоксовывание распылителей начинается с образования лаковой пленки, а в последующем и высокотемпературных нагарных отложений, на поверхностях распыливающих отверстий в результате теплового воздействия на топливо нагретых стенок отверстий от температуры внутрицилиндровых газов в процессах сжатия и сгорания рабочего цикла дизеля, а также от проникновения высокотемпературных внутрицилиндровых газов в сопловые отверстия распылителей форсунок в моменты начала подъёма и посадки иглы распылителей соответственно в начале и конце процесса впрыска топлива при его движении по внутренним каналам распылителей [1]. До настоящего времени в России нет эффективного и узаконенного метода оценки склонности моторных топлив к закоксовыванию распылителей дизельных форсунок, что затрудняет давать достоверную и объективную оценку качества новых или модернизируемых моторных топлив по результатам квалификационных испытаний в лабораторно-стендовых условиях.

### **Методика исследований:**

Действенным методом ускоренных моторных испытаний форсунок на закоксовывание распылителей является искусственное создание условий для форсирования прорыва цилиндрических газов через сопловые отверстия во внутреннюю полость распылителя за счет пониженного давления начала впрыска топлива (давления начала подъёма иглы распылителя форсунок) и повышения температуры корпуса распылителей за счет увеличения температуры топлива перед запорным конусом иглы распылителей при подогреве топлива на входе в

топливный насос высокого давления (ТНВД) [2-7]. Исследованиями авторов [8, 9] установлена корреляционная связь температуры топлива на входе в рядный многоплунжерный ТНВД с температурой топлива перед запорным конусом иглы распылителя с разницей в 30...40 °С.

Перед началом ускоренных испытаний осуществлялся предварительный прогрев дизеля MMZ-3LD до нормальных значений температуры охлаждающей жидкости ( $85\pm 5$  °С) и моторного масла в картере двигателя ( $90\pm 5$  °С) со стандартной форсункой, отрегулированной на нормативное давление начала впрыска топлива ( $25\pm 0,1$  МПа). Испытания проводились на одной марке нефтяного дизельного топлива.

На начальном этапе испытания проводились в течение 1 часа при изменении давления начала впрыска топлива на постоянном нагрузочно-скоростном режиме дизеля и температуре топлива на входе в ТНВД, равной 50 °С.

Для поддержания постоянной температуры топлива на входе в ТНВД разработана система подогрева-охлаждения, включающая жидкостный термостат ВТ8-2 (рисунок 1), жидкостный подогреватель дизельного топлива ПТ 570, термопреобразователь сопротивления ТС-1388В, измеритель-регулятор DELTA DT 20 (на рисунке 1 не показан) и линия подачи топлива к ТНВД.

#### Результаты исследований:

По результатам исследований получена зависимость коэффициента закоксовывания распылителей форсунок ( $K_3$ ), характеризующего относительное изменение пропускной способности распыливающих отверстий до и после испытаний, от давления начала впрыска топлива ( $P_f$ ) (рисунок 2).



Рисунок 1. Система поддержания постоянной температуры топлива на входе в ТНВД: 1 – дизель MMZ-3LD; 2 – жидкостный термостат ВТ8-2; 3 – жидкостный подогреватель дизельного топлива ПТ 570; 4 – термопреобразователь сопротивления ТС-1388В; 5 – линия подачи топлива к ТНВД

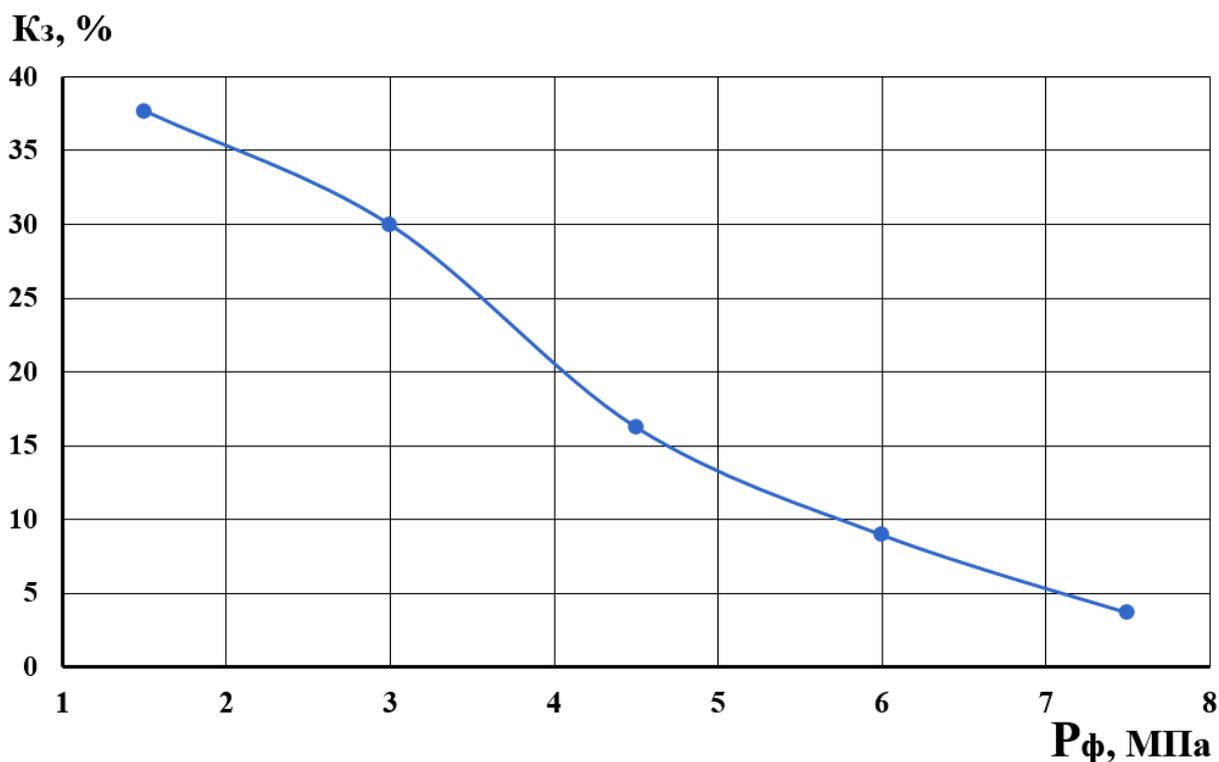


Рисунок 2. Зависимость коэффициента закоксовывания распылителей форсунок от давления начала впрыска топлива

Характер изменения зависимости  $K_3 = f(P_{\phi})$  показывает, что при понижении давления начала впрыска топлива  $P_{\phi}$  от 7,5 МПа до 1,5 МПа коэффициент закоксовывания распылителей  $K_3$  увеличивается с 2,68 % до 37,66 %, что является следствием возрастающего влияния температуры внутрицилиндровых газов при их прорыве во внутреннюю полость распылителя на интенсивность его закоксовывания в процессе сжатия и сгорания топливовоздушной смеси. Поэтому дальнейшие испытания будут проводиться при давлении начала впрыска топлива  $P_{\phi} = 1,5$  МПа, так как при таком давлении коэффициент закоксовывания распылителей наибольший.

По результатам испытаний получена также зависимость коэффициента закоксовывания распылителей форсунок ( $K_3$ ) от температуры нефтяного дизельного топлива на входе в ТНВД ( $T_T$ ) (рисунок 3) при постоянном нагрузочно-скоростном режиме дизеля, давлении начала впрыска топлива, равном 1,5 МПа и продолжительности испытаний 1 час.

Характер изменения зависимости  $K_3 = f(T_T)$  показывает, что с повышением температуры топлива на входе в ТНВД от 30 °С до 80 °С коэффициент закоксовывания распылителей  $K_3$  увеличивается с 35,67 % до 42,23 %. При повышении температуры топлива на входе в ТНВД увеличивается температура топлива перед запорным конусом иглы распылителя и, как следствие, температура корпуса распылителя, что приводит к ухудшению отвода тепла от носка распылителя и более интенсивному закоксовыванию распыливающих отверстий форсунок. Повышение температуры топлива на входе в ТНВД свыше 80 °С

проводить нецелесообразно, так как на дизельной автотранспортной технике в процессе её эксплуатации в различных природно-климатических условиях температура топлива на входе в ТНВД не превышает указанной величины.

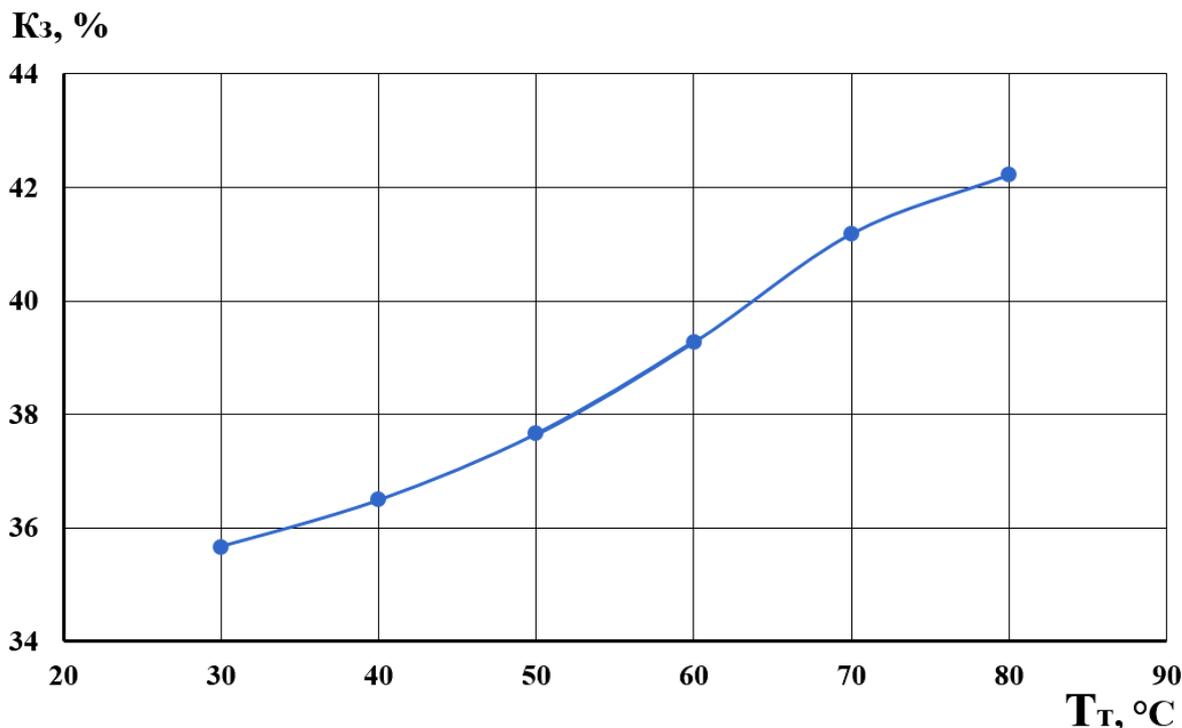


Рисунок 3. Зависимость коэффициента закоксовывания распылителей форсунок от температуры моторного топлива на входе в ТНВД

### Заключение:

Таким образом, результаты испытаний форсунок на моторном стенде подтвердили гипотезу о том, что на ускоренный процесс закоксовывания сопловых отверстий распылителей существенно влияют температура внутрицилиндровых газов и интенсивность их поступления во внутреннюю полость распылителей в моменты начала и окончания впрыска нефтяного дизельного топлива, а также температура топлива перед запорным конусом иглы распылителей.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Папок К.К. Нагары, лаковые отложения и осадки в автомобильных двигателях / К.К. Папок, А.Б. Виппер. – М.: Машгиз, 1956. – 156 с.
2. Глазунов И.Д. Современное состояние методов оценки склонности дизельных топлив к закоксовыванию распылителей форсунок / И.Д. Глазунов, Д.А. Уханов // Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники: материалы XXXV Международной научно-технической конференции имени Михайлова В.В. – Вып. 35. – Саратов: ООО «Амирит», 2022. – С. 78–84.
3. Глазунов И.Д. Моторный стенд ИТМ-1 для испытаний топлив и масел / И.Д. Глазунов, А.И. Лубенцов, Д.А. Уханов // Труды 25 ГосНИИ МО РФ. – 2022. – Вып. 60. – С. 273–284.

4. Патент 2742158 РФ, МПК G01M 15/05, G01N 33/30, F28D 1/02. Автоматизированная установка для испытания топлив и масел при различных режимах эксплуатации двигателя / С.Н. Волгин, К.В. Шаталов, Д.А. Уханов, Р.И. Алибеков. – №2020121727; Заяв. 30.06.2020; Оpubл. 02.02.2021, Бюл. № 4.

5. Уханов Д.А. Стенд постоянного давления для проливки распылителей форсунок / Д.А. Уханов, И.Д. Глазунов, К.В. Шаталов // Эксплуатация авто-тракторной и сельскохозяйственной техники: опыт, проблемы, инновации, перспективы: сборник статей VI Международной НПК. – Пенза: РИО ПГАУ, 2023. – С. 108–113.

6. Патент 2785434 РФ, МПК F02M 65/00, G01M 15/00, G01N 33/22. Установка для оценки склонности дизельных топлив к образованию отложений на деталях форсунки / Д.А. Уханов, И.Д. Глазунов, К.В. Шаталов, И.И. Крикун, Р.И. Алибеков. – №2022120032; Заяв. 21.07.2022; Оpubл. 15.12.2022, Бюл. № 35.

7. Патент 2808091 РФ, МПК F02M 65/00, G01M 15/00, G01N 33/22. Установка для оценки склонности дизельных топлив к образованию отложений на распылителе форсунки и топливопроводе высокого давления / Д.А. Уханов, И.Д. Глазунов, К.В. Шаталов, И.И. Крикун, Р.И. Алибеков, Ю.А. Гольцев. – №2023119638; Заяв. 26.07.2023; Оpubл. 23.11.2023, Бюл. № 33.

8. Власов П.А. Особенности эксплуатации дизельной топливной аппаратуры. – М.: Агропромиздат, 1987. – 127 с.

9. Терморегулирование топливно-смазочных материалов в системах мобильных машин: монография // Под ред. П.А. Власова, А.П. Уханова, И.А. Спицына. – Пенза: РИО ПГСХА, 2001. – 140 с.

## REFERENCES

1. Folders K.K. Nagary, varnish deposits and sediments in automobile engines / K.K. Folders, A.B. Whipper. – М.: Mashgiz, 1956. – 156 p.

2. Glazunov I.D. The current state of methods for assessing the propensity of diesel fuels to coking nozzle sprayers / I.D. Glazunov, D.A. Ukhonov // Problems of efficiency and operation of automotive technology: materials of the XXXV International Scientific and Technical Conference named after Mikhailov V.V. – Issue 35. – Saratov: Amirit LLC, 2022. – pp. 78–84.

3. Glazunov I.D. Motor stand ITM-1 for testing fuels and oils / I.D. Glazunov, A.I. Lubentsov, D.A. Ukhonov // Proceedings of the 25th State Research Institute of the Ministry of Defense of the Russian Federation. – 2022. – Issue 60. – pp. 273–284.

4. Patent 2742158 RF, IPC G01M 15/05, G01N 33/30, F28D 1/02. Automated installation for testing fuels and oils under various operating modes of the engine / S.N. Volgin, K.V. Shatalov, D.A. Ukhonov, R.I. Alibekov. – No.2020121727; Application. 30.06.2020; Publ. 02.02.2021, Bul. No. 4.

5. Ukhonov D.A. Constant pressure stand for spilling spray nozzles / D.A. Ukhonov, I.D. Glazunov, K.V. Shatalov // Operation of tractor and agricultural machinery: experience, problems, innovations, prospects: collection of articles of the VI International NPC. – Пенза: РИО ПГАУ, 2023. – pp. 108–113.

6. Patent 2785434 RF, IPC F02M 65/00, G01M 15/00, G01N 33/22. Installation for assessing the propensity of diesel fuels to form deposits on nozzle parts / D.A. Ukhanov, I.D. Glazunov, K.V. Shatalov, I.I. Krikun, R.I. Alibekov. – No.2022120032; Application. 07/21/2022; Publ. 12/15/2022, Issue No. 35.

7. Patent 2808091 of the Russian Federation, IPC F02M 65/00, G01M 15/00, G01N 33/22. Installation for assessing the propensity of diesel fuels to form deposits on the nozzle sprayer and high–pressure fuel line / D.A. Ukhanov, I.D. Glazunov, K.V. Shatalov, I.I. Krikun, R.I. Alibekov, Yu.A. Goltsev. – No.2023119638; Application. 07/26/2023; Publ. 11/23/2023, Bul. No. 33.

8. Vlasov P.A. Features of operation of diesel fuel equipment. – M.: Agropromizdat, 1987. – 127 c.

9. Thermal regulation of fuel and lubricants in mobile machine systems: monograph // Edited by P.A. Vlasov, A.P. Ukhanov, I.A. Spitsyn. – Penza: RIO PGSHA, 2001. – 140 c.

# ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Научная статья

УДК 631.6: 330

## ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МОТОРНОГО МАСЛА В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДВИГАТЕЛЕЙ ЗЕРНОВОЗОВ

*А.С. Денисов*

ФГБОУ ВО СГТУ имени Гагарина Ю.А., Саратов, Россия

*Е.Ю. Горшенина*

ФГБОУ ВО Вавиловский университет, Саратов, Россия

**Аннотация:** двигатель зерновоза подвержен большим нагрузкам, поэтому достаточно часто требуется проводить ремонтные и профилактические работы, особенно если агрегат эксплуатируется интенсивно и не один год. Автопарки используют различные виды транспортных средств, но основную часть грузовой техники составляют автомобили семейства КАМАЗ. Проведенный анализ свойств используемых моторных масел как свежих, так и при различной наработке, позволил определить динамику их изменения в процессе эксплуатации. Доказано, что повышение вязкостно-температурных свойств улучшает условия работы сопряжений двигателя из-за повышения давления в системе смазки. Обосновано, что использование масел SHELL повышает давление в системе смазки на всех скоростных режимах в среднем на 0,05 МПа по отношению к маслам ТНК, что повышает надежность двигателей в эксплуатации.

**Ключевые слова:** зерновоз, двигатель КАМАЗ, моторное масло, щелочность, кислотность, надежность, эксплуатация.

Original article

## CHANGE OF ENGINE OIL PARAMETERS DURING OPERATION OF GRAIN CARRIER ENGINES

*A.S. Denisov*

Gagarin State Technical University, Saratov, Russia

*E.Y. Gorshenina*

Vavilov University, Saratov, Russia

**Annotation:** the engine of a grain truck is subjected to heavy loads, therefore it is often enough required to carry out repair and preventive maintenance, especially if the unit is used intensively and not one year. Car fleets use different types of vehicles, but the main part of the truck equipment is made up of KAMAZ family vehicles. The analysis of the properties of used motor oils both fresh and at different operating time allowed to determine the dynamics of their changes in the process of operation. It is

proved that increase of viscosity-temperature properties improves working conditions of engine couplings because of pressure increase in the lubrication system. It is substantiated that the use of SHELL oils increases the pressure in the lubrication system at all speed modes on the average by 0,05 MPa in relation to TNK oils, which increases the reliability of engines in operation.

**Keywords:** grain carrier, KAMAZ engine, engine oil, alkalinity, acidity, reliability, operation.

### **Введение:**

Сельскохозяйственные машины выполняют в хозяйствах большой объем работ по перевозке сельхозкультур, готовой продукции, сырья, удобрений. Часто такие автомобили эксплуатируются с очень большой нагрузкой в условиях высоких температур, сильной запыленности, высокой влажности, в условиях действия агрессивных сред. Большие перегрузки и вредные условия работы могут приводить к поломке сельхозтехники и необходимости выполнения ремонта.

В период сбора урожая зерна нагрузка на зерновозы существенно вырастает. Грузовые зерновозы работают круглосуточно, испытывают большие механические и ударные нагрузки. Перевозка зерна часто выполняется по плохим грунтовым дорогам в условиях высокой запыленности. Известно, что такой режим работы приводит к поломкам двигателей зерновозов.

Двигатель коммерческого автомобиля подвержен большим нагрузкам, поэтому достаточно часто требуется проводить ремонтные и профилактические работы, особенно если агрегат эксплуатируется интенсивно и не один год. Автопарки используют различные виды транспортных средств, но основную часть грузовой техники составляют автомобили семейства КАМАЗ, а среди зерновозов, преобладающая часть имеет двигатели данного производителя. В настоящее время подавляющее большинство из них имеют двигатели типа КАМАЗ-Евро, с топливной аппаратурой разделённого типа с механическим или электронным управлением. Показатели эффективности двигателей во многом зависят от свойств масла. Двигатели КАМАЗ-ЕВРО (740.11-240, 740.13-260, 740.14-300, 740.30-260, 740.50-360, 740.51-320) имеют существенные конструктивно-технологические и мощностные различия с базовым двигателем КАМАЗ-740.

Существенно повышена мощность двигателей за счёт использования турбонаддува или увеличения рабочего объёма. Для повышения долговечности усовершенствована смазочная система: установлен односекционный масляный насос повышенной производительности, установлен теплообменник, повышено давление масла в системе, установлены форсунки для охлаждения поршней маслом. Усовершенствованы также система впуска и очистки воздуха, конструкция коленчатого вала, топливная аппаратура [1, 2]. Это требует улучшения свойств используемых моторных масел. Основными параметрами масла, которые изменяются в процессе эксплуатации, являются [2, 3, 4]: щёлочность, характеризующая моющее-диспергирующие свойства; температура вспышки, характеризующая содержание легких фракций из топлива; кинематическая

вязкость, характеризующая наличие смолистых отложений; оптическая плотность, характеризующая общую загрязнённость масла.

В процессе эксплуатации под действием повышенной температуры масла ускоряется процесс старения, снижаются его смазочные свойства. Поэтому при эксплуатации автомобилей необходимо знать и учитывать закономерность старения масла в агрегате во времени и влияние старения на эксплуатационные свойства масла.

Наиболее интенсивное старение масла происходит в зоне поршневых колец двигателя, где тонкая плёнка масла имеет высокую температуру и концентрацию продуктов сгорания топлива. В результате нейтрализации кислых соединений продуктов сернистого топлива снижается щелочность масла. Окислы серы в присутствии воды дают сернистую, серную кислоты, которые, в свою очередь, при взаимодействии с углеводородами масла и продуктами их окисления образуют сульфоновые кислоты.

Еще одним местом наиболее интенсивного старения масла в двигателе является турбокомпрессор. Температура газов на входе в турбинную ступень достигает 700–1000 °С, что проявляется и на температуре подшипникового узла. После остановки двигателя вал ротора турбокомпрессора продолжает вращаться ещё 20–30 с (выбег), но уже без масла, т.к. его подача прекращается. Происходит тепловой удар, в ходе которого масло в подшипнике нагревается до 200–220 °С. Для современных моторных масел критической температурой, при которой происходит коксование, является 150–160 °С.

Особенно опасными продуктами окисления являются оксикислоты и асфальтены, не растворимые в масле и липкие. В процессе они забивают кольцевые канавки и вызывают пригорание поршневых колец, заклинивание вала ротора турбокомпрессора.

Мониторинг состояния диагностирования качества масел на основе экспресс-способов и портативных средств доступен многим. Но, при проведении анализа диагностических возможностей известных портативных средств, оказалось, что уровень их возможностей недостаточно высок, они не в состоянии обеспечить достоверное распознавание состояния масла.

В основе старения масла лежат процессы окисления, полимеризации и разложения углеводородов, которые сопровождаются загрязнением. Окисление масла в двигателе делится на несколько видов: в толстом слое – в поддоне картера; в тонком слое – на поверхности горячих деталей; в туманообразном (капельном) состоянии – в цилиндропоршневой и клапанной группах. Окисление в толстом слое образует осадки в виде шламов, а в тонком слое – в виде лаков.

Само по себе, окисление углеводородов моторных масел может идти по двум направлениям, различая при этом продукты окисления, которые по первому пути являются кислотными, образующими осадки при пониженных температурах. Продукты окисления по второму направлению являются нейтральными, из которых образуются лаки и нагары.

**Методика исследований:**

На практике используются отечественные масла М-10-Д(м) (летом), М-8-Д(м) (зимой) по ГОСТ 85,81, зарубежные SAE -15W-40, SAE -5W-40. Проведенный анализ свойств используемых моторных масел как свежих, так и при различной наработке, позволил определить динамику их изменения в процессе эксплуатации (рис. 1–4), табл. 1.

Таблица 1 – Параметры зависимости свойств моторного масла от наработки в двигателях КАМАЗ-Евро

Показатели	$y_0$	$a$	$b$	$R^2$
Экспоненциальная зависимость $y=y_0e^{bl}$				
Щелочность, $S$ , мг КОН/г	8,61	-	-0,03	
0,992				
Температура вспышки, $t_v$ , °С	219,5	-	-0,01	
0,965				
Квадратическая зависимость $y=y_0+al+bl^2$				
Кинематическая вязкость, $\eta$ , сСт	17,79	0,166	-0,003	
0,974				
Оптическая плотность, $P_{opt}$	159,2	126,5	-1,942	
0,993				

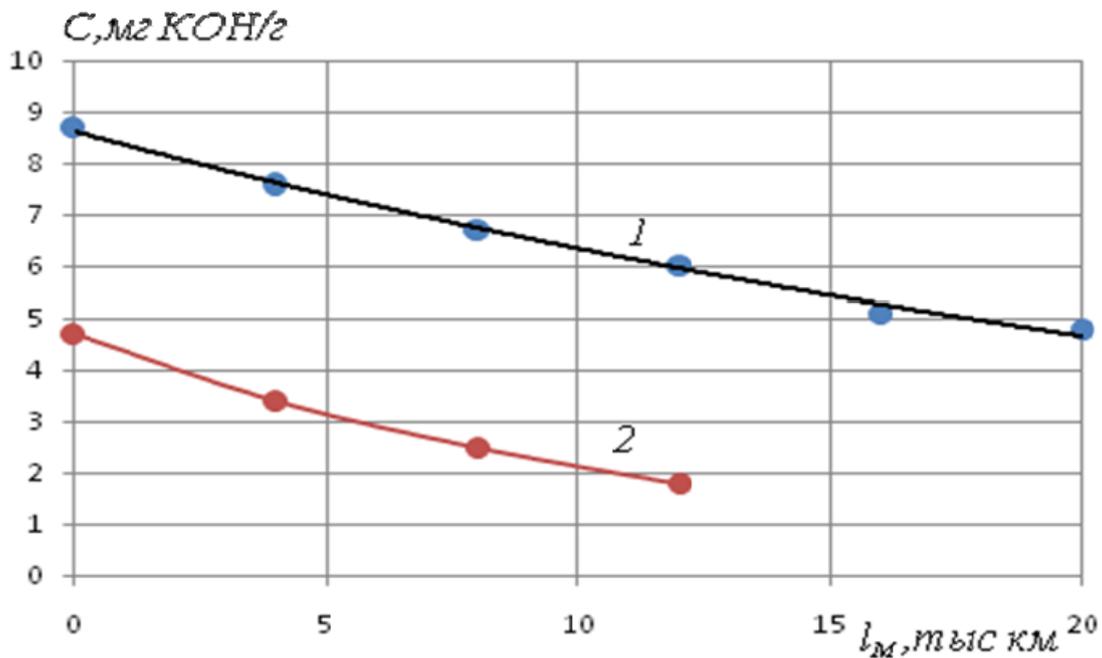


Рисунок 1. Изменение щелочности в процессе работы моторного масла:  
 1 – 10W40 (полусинтетическое) в двигателях КАМАЗ-Евро;  
 2 – М10Г<sub>2</sub>К в двигателях КАМАЗ-740

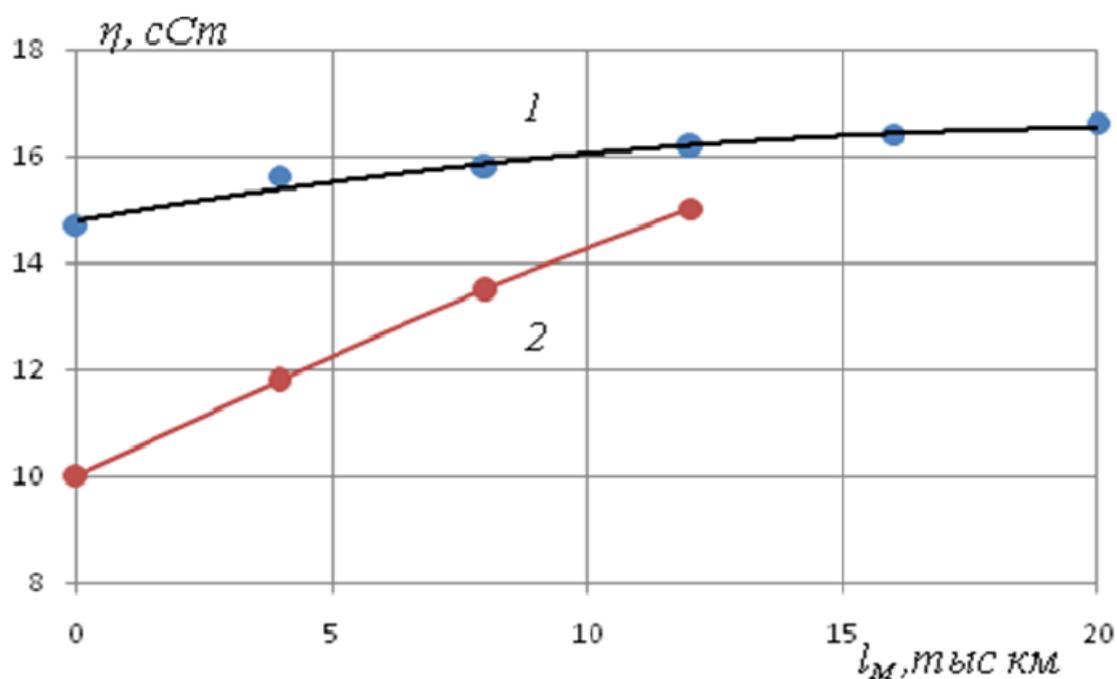


Рисунок 2. Изменение вязкости (при 100 °С) в процессе работы моторного масла: 1 – 10W40 (полусинтетическое) в двигателях КАМАЗ-Евро; 2 – М10Г<sub>2</sub>К в двигателях КАМАЗ-740

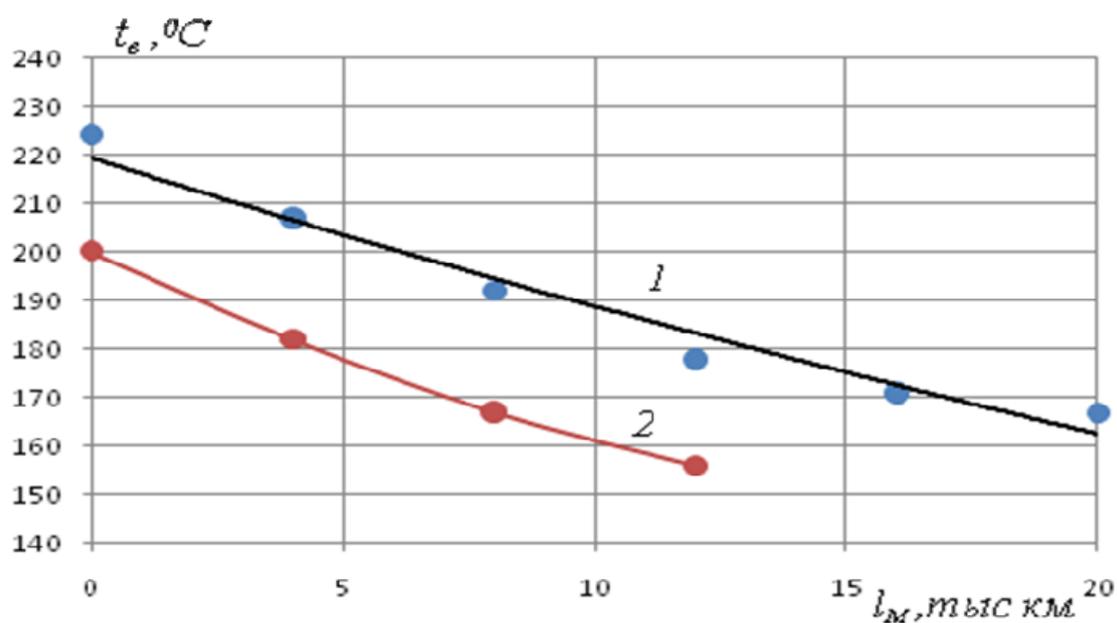


Рисунок 3. Изменение температуры вспышки в процессе работы моторного масла: 1 – 10W40 (полусинтетическое) в двигателях КАМАЗ-Евро; 2 – М10Г<sub>2</sub>К в двигателях КАМАЗ-740

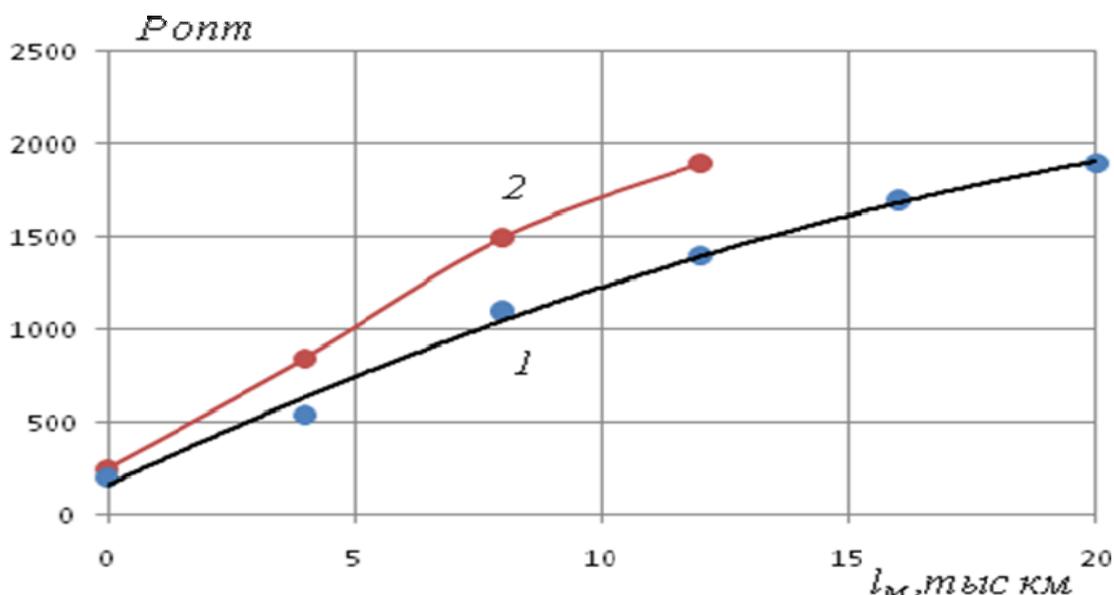


Рисунок 4. Изменение оптической плотности в процессе работы моторного масла: 1 – 10W40 (полусинтетическое) в двигателях КАМАЗ-Евро; 2 – М10Г<sub>2</sub>К в двигателях КАМАЗ-740

#### Результаты исследований:

Из сравнения кривых по двигателям КАМАЗ-Евро и КАМАЗ-740 следует, что интенсивность изменения последних существенно выше, чем КАМАЗ-Евро. Это обуславливает большую периодичность замены масла двигателями КАМАЗ-Евро. Обычно считают допустимым снижение щелочности в процессе работы в два раза от исходного уровня [3, 4]. Судя по кривой (рис. 1) и параметрам (табл. 1), периодичность замены масла может быть 22–24 тыс. км. В настоящее время средняя периодичность замены масла составляет 16 тыс. км для минеральных масел и 32 тыс. км для полусинтетических.

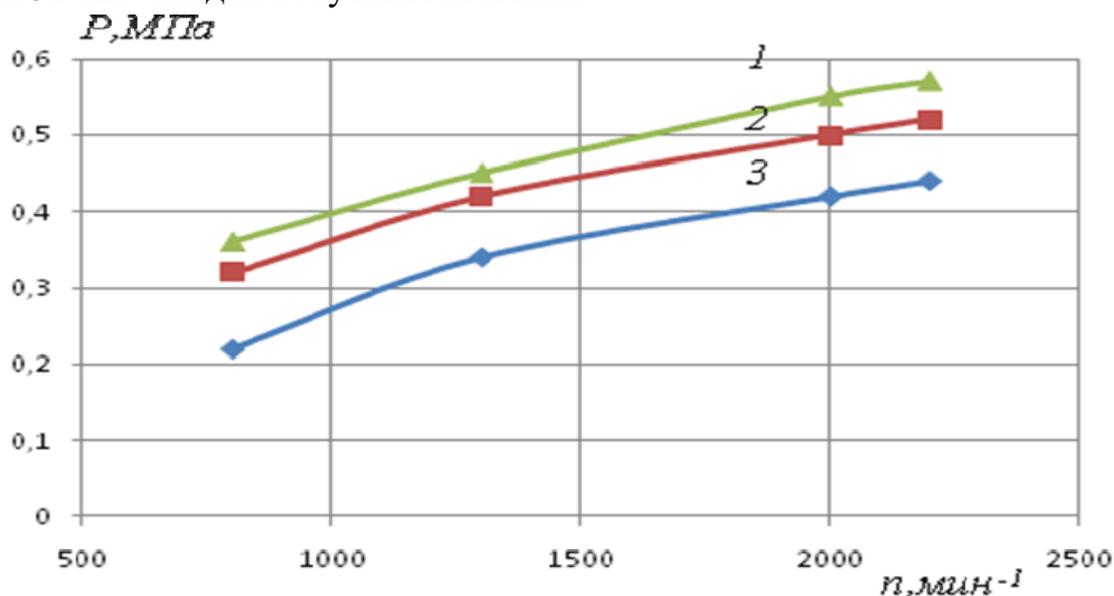


Рисунок 5. Зависимость давления в системе смазки от частоты вращения коленчатого вала на холостом ходу при температуре масла 80–90 °С: 1 – 10W40 (полусинтетическое) в двигателях КАМАЗ-Евро (SHELL); 2 – то же ТНК; 3 – М10Г<sub>2</sub>К в двигателях КАМАЗ-740

### **Заключение:**

Повышение вязкостно-температурных свойств улучшает условия работы сопряжений двигателя из-за повышения давления в системе смазки (рис. 5). Скоростные характеристики (рис. 5) показывают, что использование масел SHELL повышает давление в системе смазки на всех скоростных режимах в среднем на 0,05 МПа по отношению к маслам ТНК. Это повышает надежность двигателей в эксплуатации.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Допуски моторных масел. Электронный ресурс. Режим доступа <https://eurol-oil.ru/kachestvo/dopuski/>.
2. Моторные масла. Состав, свойства, классификация, применение. М., СПб.: Альфа-Лаб, 2000, 272 с.
3. Описание изобретения к патенту № 2796181 (52) СПК F01M 1/02 (2023.02); F01M 1/20 (2023.02) Система смазки двигателя внутреннего сгорания. Кулаков А.Т., Калимуллин Р.Ф., Денисов А.С., Гафиятуллин А.А., Шерстнев Н.А., Темерсултанов Т.С., Нуретдинов Д.И., Пеньков Е.А., Галиев Р.М. Опубликовано: 17.05.2023 Бюл. № 14.
4. Денисов А.С. Бортовое диагностирование смазочных систем автомобильных дизелей // А.С. Денисов, А.О. Носов, А.Ю. Кондауров, А.В. Кожинская, Е.Ю. Горшенина / В сборнике: Прогрессивные технологии в транспортных системах. Материалы XVII международной научно-практической конференции. Оренбург, 2022. С. 136–142.

### **REFERENCES**

1. Tolerances of motor oils. Electronic resource. Access mode <https://eurol-oil.ru/kachestvo/dopuski/>.
2. Motor oils. Composition, properties, classification, application. Moscow, St. Petersburg: Alfa-Lab, 2000, 272 pp.
3. Description of invention for patent No. 2796181 (52) SPK F01M 1/02 (2023.02); F01M 1/20 (2023.02) System of lubrication of an internal combustion engine. Kulakov A.T., Kalimullin R.F., Denisov A.S., Gafiyatullin A.A., Sherstnev N.A., Temersultanov T.S., Nuretdinov D.I., Penkov E.A., Galiev R.M. Published: 17.05.2023 Bulletin No. 14.
4. Denisov A.S. Onboard diagnostics of lubrication systems of automobile diesel engines // A.S. Denisov, A.O. Nosov, A.Y. Kondaurorov, A.V. Kozhinskaya, E.Yu. Gorshenina / In collection: Progressive technologies in transportation systems. Materials of XVII international scientific-practical conference. Orenburg, 2022. С. 136–142.

Научная статья

УДК629.113

## РАЗРАБОТКА СЕТИ ЦСП ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

*А.В. Игнатов*

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

*А.С. Денисов, Е.В. Феклин*

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

**Аннотация:** в статье рассмотрена необходимость разработки системы централизованных специализированных производств (ЦСП) в рамках агропромышленного комплекса. Рассмотрены достоинства и недостатки централизованной структуры управления. Представлен принцип построения структуры ЦСП на основе «хаба». Показано распределение запчастей на новые и восстановленные вместе с объемом их потребления. Рассчитан экономический эффект от работы специализированной зоны ТР.

**Ключевые слова:** централизованное специализированное производство, производственно-техническая база, техническое обслуживание, ремонт, заявка, сельскохозяйственная техника, коэффициент технической готовности.

Original article

## DEVELOPMENT OF A NETWORK OF CENTRALIZED SPECIALIZED PRODUCTION FACILITIES FOR MAINTENANCE AND REPAIR OF AGRICULTURAL MACHINERY

*A.V. Ignatov*

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

*A.S. Denisov, E.V. Feklin*

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russia

**Abstract:** the article considers the need to develop a system of centralized specialized production (CSP) within the agro-industrial complex. The advantages and disadvantages of the centralized management structure are considered. The principle of building the structure of the CSP on the basis of "hub" is presented. The distribution of spare parts into new and reconditioned together with the volume of their consumption is shown. The economic effect from the work of the specialized zone of TR is calculated.

**Keywords:** centralized specialized production, production and technical base, maintenance, repair, application, agricultural machinery, technical readiness factor.

## **Введение:**

На сегодняшний день, несмотря на наметившийся в последнее десятилетие курс на обновление сельскохозяйственной техники, доля, приходящаяся на машины, возрастом старше 10 лет составляет порядка 50 процентов от общего количества техники [1]. Кроме того, с 2022 года наметились проблемы с закупкой передовой импортной техники и запасных частей к ним, что приводит к росту отказов по причине технического износа, а следовательно, к снижению коэффициента технической готовности. Работа с дилерами импортной техники осложняется тем фактом, что ряд зарубежных компаний, которые они представляют перестают работать на отечественном рынке. Возникает необходимость предложения системы централизованных специализированных производств по проведению технического обслуживания и ремонта (ТОиР) сельскохозяйственной техники либо по мультимарочному принципу, либо по принципу видов проводимых работ. Вопросам организации системы ТОиР сельскохозяйственной техники посвящены следующие работы [2–5].

## **Методика исследований:**

Главным показателем, который отражает уровень концентрации производства – удельный вес крупных организаций от общего количества в рамках конкретной отрасли ( $Y_k$ ):

$$Y_k = \frac{O_k}{O_o}; \quad (1)$$

где  $O_k$  – объем производства, приходящегося на долю крупных организаций;

$O_o$  – общий объем производства в рамках конкретной отрасли.

В организациях, построенных по принципу жесткой централизации, система управления производственным процессом установлена следующим образом:

1. на высшем уровне происходит процесс принятия стратегических решений;
2. на среднем уровне принятые высшим руководством решения согласовываются и вырабатываются тактические методы для их реализации;
3. на нижнем уровне, который представлен работниками происходит непосредственный процесс реализации этих решений.

Недостатком обычных централизованных организаций является отсутствие управленческой гибкости, из-за чего по ряду вопросов они проигрывают организациям малых форм с более адаптивной структурой управления. В структурах подобного рода у работников практически отсутствуют возможности и навыки проявления инициативы.

С точки зрения производственного процесса к положительным аспектам централизации следует отнести следующее:

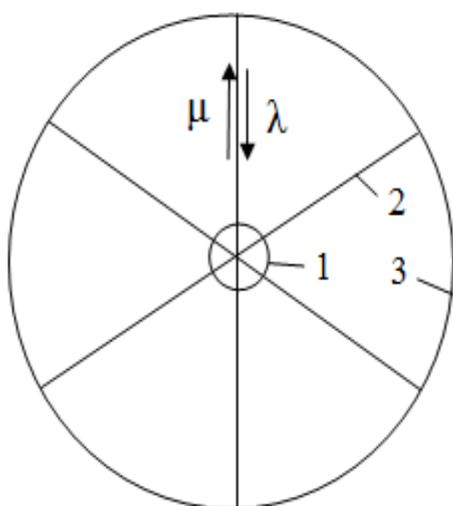
1. возможность сокращения неравномерного характера поступающих заявок на проведение ТОиР;
2. возможность в рамках подобной структуры организовать принцип специализации, который повысит качество производственного процесса, т.е. создание централизованного специализированного производства;

3. повышение загрузки оборудования за счет построения с одной стороны объемного, а с другой стороны специализированного потока заявок на проведение ТОиР;

4. за счет достижения предыдущих пунктов, возможность повышения занятости и производительности труда рабочего персонала;

5. как итог – сокращение простоев техники, в ожидании реализации заявок.

К недостаткам такого метода можно отнести расходы на доставку сельскохозяйственной техники до ЦСП. Принцип построения структуры ЦСП можно представить по аналогии с узловым аэропортом «хабом», в которой сама система представлена колесом со связующими спицами и втулкой, являющейся подсистемой, в которую поступает нестационарный и неравномерный поток заявок на проведение ТОиР (рисунок 1) [6].



- 1 - Узловой пункт (центр);
- 2 – Связи (каналы) с потребителями и источниками;
- 3 – потребители и источники;
- $\lambda$  – параметр потока требований;
- $\mu$  – параметр потока обслуживания

Рисунок 1. Принцип построения структуры ЦСП на основе «хаба»

### Результаты исследований:

Основной задачей построения ЦСП является сокращение простоев сельскохозяйственной техники в ожидании реализации заявок и максимальной загрузки оборудования и рабочего персонала, что повысит КПД производственного процесса. Эта задача решается за счет определения видов специализации в рамках ЦСП, численности и оснащения каналов обслуживания. Также существует необходимость четкого распределения имеющихся запчастей и эксплуатационных материалов (рисунок 2) по принципу объема их потребления (рисунок 3).



Рисунок 2. Пример распределения запчастей и эксплуатационных материалов



Рисунок 3. Объемы потребления запчастей и эксплуатационных материалов:  
 а) – в денежном выражении; б) – в количественном выражении

С учетом существенного количества техники в агропромышленном комплексе, возрастом старше 10 лет и имеющих сейчас затруднений в поставках оригинальных запчастей и эксплуатационных материалов к импортным машинам, возрастает потребность в восстановленных запчастях. С учетом этого, групповое распределение запчастей необходимо уточнить (рисунок 4). Это в дальнейшем позволит производить сравнительный анализ потребления новых и восстановленных деталей.

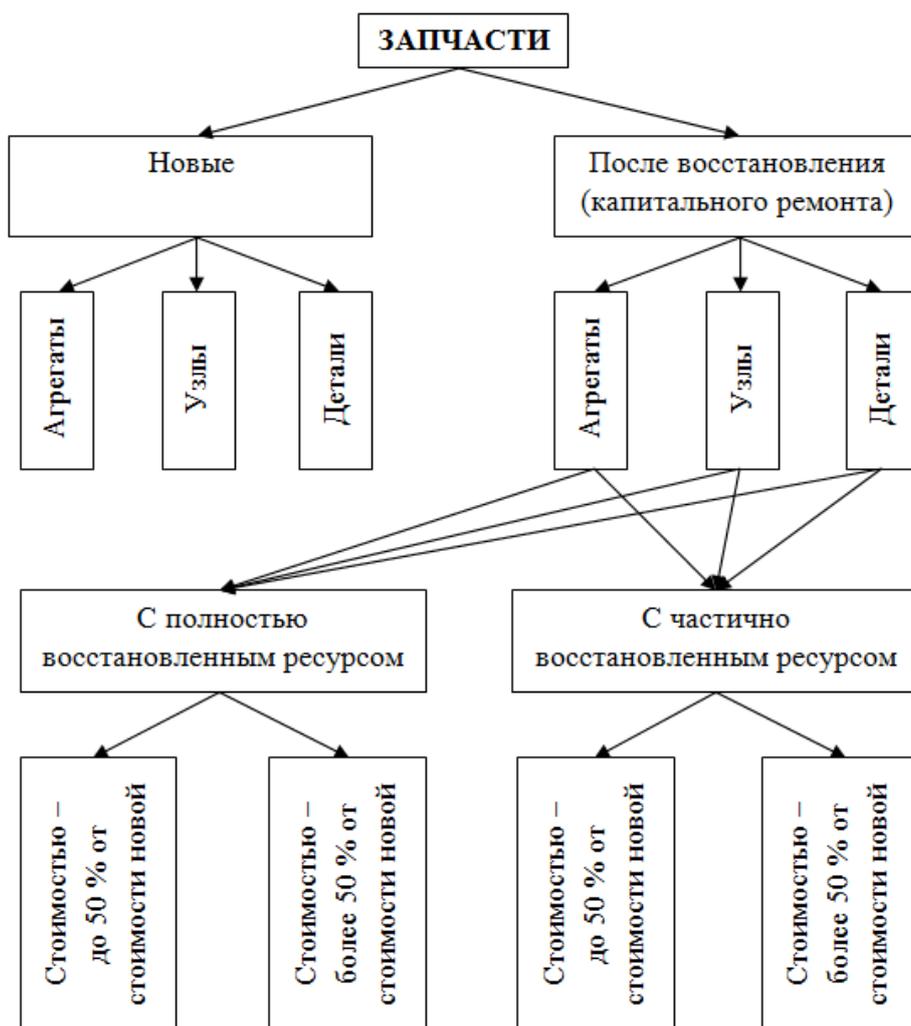


Рисунок 4. Распределение запчастей на новые и восстановленные

Предположив, что в рамках ЦСП используются только универсальные посты ТР, произведен теоретический расчет эффективности их использования. Производительность такой зоны ( $P_3$ ) рассчитывается, как

$$P_3 = P_n n K_{нз} K_{рв}; \quad (2)$$

где  $P_n$  – расчётная годовая производительность поста;

$n$  – число постов;

$K_{нз}$  – коэффициент нагруженности зоны;

$K_{рв}$  – коэффициент использования рабочего времени.

Доходы, полученные по результату работы рассматриваемой зоны ( $D_r$ ) с учетом тарифа ( $T_3$ ):

$$D_r = P_3 T_3; \quad (3)$$

Затраты на содержание зоны ТР с учетом себестоимости работы одного поста ( $C$ ):

$$Z_r = C P_3; \quad (4)$$

Результат теоретического расчета отражен на рисунке 5.

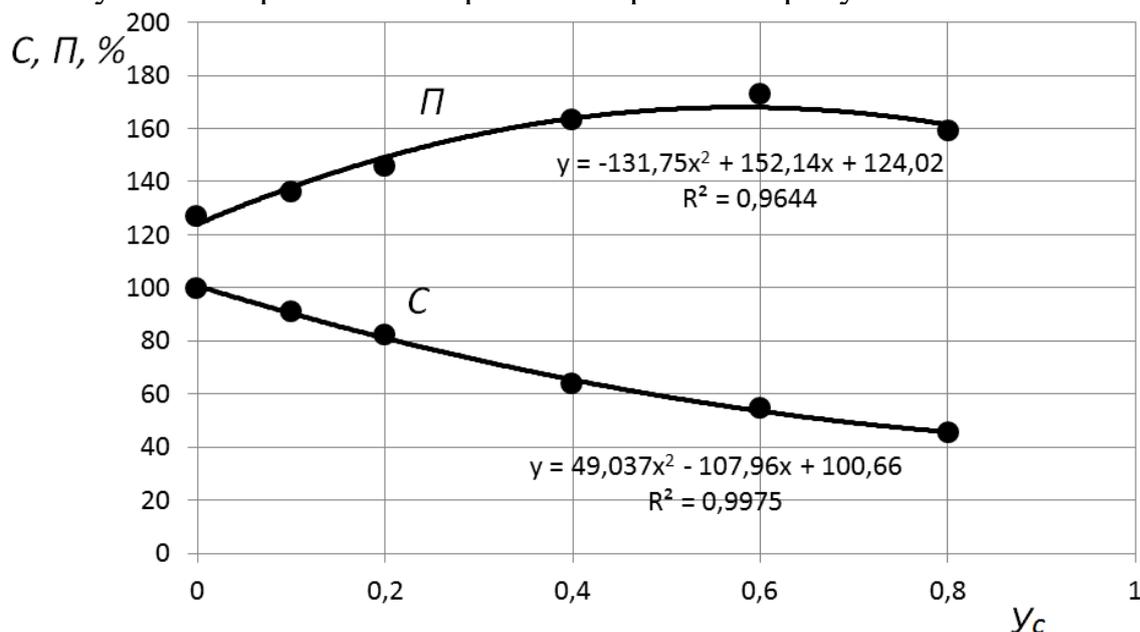


Рисунок 5. Зависимость годовых затрат ( $C$ ) и прибыли ( $\Pi$ ) зоны ТР из 10 постов от уровня специализации  $Ус$  (относительно затрат при всех универсальных постах)

### Заключение:

Таким образом, в текущих экономических условиях разработка системы региональных ЦСП в агропромышленном комплексе является актуальной задачей. Недостаточный уровень специализации зоны ТР повышает расходы в размере до 10 процентов и снижает прибыль в размере до 15 процентов. Для более точного определения характеристик необходимы данные о видовом, возрастном, марочном составе эксплуатируемой сельскохозяйственной техники в каждом отдельном регионе.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белая А. Старая и ломается: российские аграрии рискуют остаться без техники // Forbes Russia : [сайт]. – 2023. – URL: <https://www.forbes.ru/prodovolstvennaya-bezopasnost/500108-staraa-i-lomaetsa-rossijskie-agrarii-riskuut-ostat-sa-bez-tehniki?ysclid=luphomntdf152496854> (дата обращения: 07.04.2024).

2. Сафонов В.В. Оптимизация расположения региональных центров технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники / В. В. Сафонов, С. А. Шишурин, А. А. Меденко [и др.] // Наука в центральной России. – 2022. – № 2(56). – С. 5–16.

3. Соловьев С.А. Инновационные направления развития ремонтно-эксплуатационной базы для сельскохозяйственной техники / С. А. Соловьев, В. П. Лялякин, С. А. Горячев [и др.]. – Москва : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2014. – 160 с.

4. Завражнов А.И. Тенденции развития инженерного обеспечения в сельском хозяйстве : Учебник содержит сведения, необходимые для формирования профессиональных компетенций при подготовке магистров по направлению «Агроинженерия», и рекомендуется ФУМО по сельскому, лесному и рыбному хозяйству для использования в учебном процессе / А. И. Завражнов, Л. В. Бобрович, С. М. Ведищев [и др.]. – Санкт-Петербург; Москва; Краснодар : Издательство «Лань», 2021. – 686 с.

5. Шиловский В. Н. Маркетинг и менеджмент технического сервиса машин и оборудования / В. Н. Шиловский, А. В. Питухин, В. М. Костюкевич. – 1-е, Новое. – Санкт-Петербург : Издательство Лань, 2015. – 272 с.

6. Романенко В.А. Математические модели функционирования узловых аэропортов в условиях современного авиатранспортного рынка / В.А. Романенко. – Самара: Изд-во «Ас Гард», 2010. – 224 с.

## REFERENCES

1. Belaya A. Old and broken: Russian agrarians risk to be left without machinery // Forbes Russia : [website]. – 2023. – URL: <https://www.forbes.ru/prodovolstvennaya-bezopasnost/500108-staraa-i-lomaetsa-rossijskie-agrarii-riskuut-ostat-sa-bez-tehniki?ysclid=luphomntdf152496854> (date of reference: 07.04.2024).

2. Safonov V.V. Optimization of the location of regional centers for maintenance and repair of agricultural machinery / V. V. Safonov, S. A. Shishurin, A. A. Medenko [et al.] // Science in Central Russia. – 2022. – № 2(56). – P. 5–16.

3. Solov'ev S.A. Innovative directions of the repair and maintenance base development for agricultural machinery / S. A. Solov'ev, V. P. Lyalyakin, S. A. Goryachev [et al.]. – Moscow : Russian Research Institute of information and technical and economic research on engineering and technical support of agroindustrial complex, 2014. – 160 p.p.

4. Zavrazhnov A.I. Trends in the development of engineering support in agriculture : Textbook contains information necessary for the formation of professional competencies in the training of masters in the direction of «Agroengineering», and is recommended by FUMO for agriculture, forestry and fisheries for use in the educational process / A. I. Zavrazhnov, L. V. Bobrovich, S. M. Vedischev [et al.]. – Saint-Petersburg; Moscow; Krasnodar : Publishers «Lan», 2021. – 686 p.p.

5. Shilovsky V.N. Marketing and management of technical service of machines and equipment / V. N. Shilovsky, A. V. Pitukhin, V. M. Kostyukevich. – 1st, New. – Saint-Petersburg : Lan Publishers, 2015. – 272 p.p.

6. Romanenko V.A. Mathematical models of hub airports functioning in the conditions of the modern aviatransport market / V.A. Romanenko. – Samara: Izd-vo «As Gard», 2010. – 224 p.p.

Научная статья

УДК 621.001.4

## **ЗАВИСИМОСТЬ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОДНОРОДНОСТИ ГИДРОМОЛОТОВ ОТ ПРОГРАММЫ ИХ РЕМОНТА**

*В.И. Карагодин, Р.А. Хапугин, Чан Ван Доан*

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

**Аннотация:** оценка конструктивно-технологической однородности изделий необходима в условиях многономенклатурного производства для использования унифицированных технологических процессов, позволяющих реализовать в единичном и мелкосерийном производстве преимущества крупносерийного производства. В статье раскрыты закономерности изменения коэффициента конструктивно-технологической однородности гидромолотов при изменении программы их ремонта.

**Ключевые слова:** конструктивно-технологическая однородность, производственная программа, технологический процесс, ремонт, гидромолот.

Original article

## **DEPENDENCE OF THE STRUCTURAL AND TECHNOLOGICAL UNIFORMITY OF HYDRAULIC HAMMERS ON THEIR REPAIR PROGRAM**

*V.I. Karagodin, R.A. Khapugin, Chan Van Doan*

Moscow Automobile and Road Engineering  
State Technical University (MADI), Moscow, Russia

**Abstract:** the assessment of the structural and technological uniformity of products is necessary in the conditions of multi-range production for the use of unified technological processes that allow using the advantages of large-scale production in single and small-scale production. The article reveals the patterns of changes in the coefficient of structural and technological uniformity of hydraulic hammers when changing their repair program.

**Keywords:** structural and technological uniformity, production program, technological process, repair, hydraulic hammer.

### **Введение:**

Разнообразие условий применения гидромолотов вызывает разнообразие их конструктивных характеристик. Это влечет за собой мелкосерийный характер производства гидромолотов. При их ремонте ситуация еще более усугубляется, и ремонтные предприятия обречены на многономенклатурное производство со всеми вытекающими из этого проблемами.

В работе [1] введен коэффициент  $k_{sj}$  конструктивно-технологической однородности  $j$ -го изделия с уже освоенным  $s$ -м изделием-эталонном и предложена формула расчета условной программы:

$$N_o = N_s + \sum_{j=1}^n k_{sj} k_j N_j,$$

где  $N_s$  – программа производства (ремонта) изделия-эталона, в качестве которого, как правило, принимается изделие, преобладающее в программе предприятия;

$k_j$  – коэффициент приведения по трудоемкости  $j$ -го изделия к изделию-эталону;

$N_j$  – программа производства (ремонта)  $j$ -го изделия.

В работе [1] показано, что конструктивно-технологическая однородность – это «свойство изделия, предусматривающее способность проходить технологические операции совместно с другими изделиями на одном и том же оборудовании, на одних и тех же рабочих местах». Подобная концентрация операций увеличивает производственную программу на отдельных операциях и позволяет внедрять на этих операциях унифицированную технологию и применять более производительное оборудование. Таким образом, оценка конструктивно-технологической однородности изделий позволяет определять эффективность выполнения на одном рабочем месте однородных технологических операций по схожим изделиям и является актуальной задачей, способствующей повышению эффективности ремонта изделий.

#### **Методика исследований:**

В работе [1] гидромолоты были разделены на 3 группы: поршневые, поршневые без шпилек и мембранные. Для действующей производственной программы были определены коэффициенты конструктивно-технологической однородности, которые для разных моделей гидромолотов составили от 0,28 (слабая однородность) до 1,00 (абсолютная однородность).

В прошедшем году производственная программа предприятия по ремонту гидромолотов составила 357 шт., а годовой объем работ – 4440 чел.-ч. Годовой фонд рабочего места для предприятий, работающих в 1 смену, составляет 2030 ч [2]. Для трех рабочих мест, на которых сейчас осуществляются разборка и сборка изделий, максимальный годовой объем работ составит 6090 чел.-ч. Загруженность трех рабочих мест при текущей программе равна  $4440/6090 \times 100\% = 73\%$ . При этом коэффициент закрепления операций составляет 240, что соответствует единичному типу производства [3]. Проведенный анализ показал, что при действующем производстве, использующем универсальные рабочие места, имеется возможность без реконструкции и технического перевооружения, только за счет организационных мероприятий осуществить частичную специализацию рабочих мест.

По предлагаемому варианту (см. таблицу) производственная программа может быть увеличена до 416 гидромолотов, коэффициент закрепления операций снижен до 90 на двух рабочих местах и до 150 на третьем рабочем месте. Соответственно трудоемкость работ на двух рабочих местах составит 0,915, а на третьем рабочем месте – 0,983 от первоначальной трудоемкости.

Таблица – Снижение трудоемкости работ в зависимости от специализации рабочих мест

Произв. программа	Кол-во раб. мест	Коэффициенты закрепления операций / Коэффициенты снижения трудоемкости по рабочим местам									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
357	3 действ.	$\frac{240}{1,00}$	$\frac{240}{1,00}$	$\frac{180}{1,00}$	–	–	–	–	–	–	–
416	3 предл.	$\frac{90}{0,915}$	$\frac{90}{0,915}$	$\frac{150}{0,983}$	–	–	–	–	–	–	–
555	4	$\frac{30}{0,88}$	$\frac{30}{0,88}$	$\frac{30}{0,88}$	$\frac{150}{0,983}$	–	–	–	–	–	–
694	5	$\frac{30}{0,88}$	$\frac{30}{0,88}$	$\frac{30}{0,88}$	$\frac{150}{0,983}$	$\frac{150}{0,983}$	–	–	–	–	–
833	6	$\frac{30}{0,88}$	$\frac{30}{0,88}$	$\frac{30}{0,88}$	$\frac{60}{0,898}$	$\frac{150}{0,983}$	$\frac{150}{0,983}$	–	–	–	–
971	7	$\frac{30}{0,88}$	$\frac{30}{0,88}$	$\frac{30}{0,88}$	$\frac{30}{0,88}$	$\frac{30}{0,88}$	$\frac{150}{0,983}$	$\frac{150}{0,983}$	–	–	–
1110	8	$\frac{30}{0,88}$	$\frac{30}{0,88}$	$\frac{30}{0,88}$	$\frac{30}{0,88}$	$\frac{30}{0,88}$	$\frac{30}{0,88}$	$\frac{150}{0,983}$	$\frac{150}{0,983}$	–	–
1250	9	$\frac{15}{0,82}$	$\frac{15}{0,82}$	$\frac{30}{0,88}$	$\frac{30}{0,88}$	$\frac{30}{0,88}$	$\frac{30}{0,88}$	$\frac{60}{0,898}$	$\frac{150}{0,983}$	$\frac{150}{0,983}$	–
1400	10	$\frac{15}{0,82}$	$\frac{15}{0,82}$	$\frac{30}{0,88}$	$\frac{30}{0,88}$	$\frac{30}{0,88}$	$\frac{30}{0,88}$	$\frac{60}{0,898}$	$\frac{60}{0,898}$	$\frac{150}{0,983}$	$\frac{150}{0,983}$

Снижение трудоемкости работ определялось в зависимости от уровня автоматизации и механизации производства согласно Методическим указаниям Госстроя [4]. Частичная специализация рабочих мест позволяет использовать для разборки и сборки гидромолотов F-35 и FX-35, занимающих наибольший удельный вес в производственной программе, стенд-кантователь. В связи с этим автоматизация производства на вспомогательных операциях составит 12 %. Это в свою очередь снижает трудоемкость выполняемых операций по разборке-сборке гидромолотов F-35 и FX-35 на 5 %. Трудоемкость выполняемых операций для этих молотов изменится с 540 чел.-ч. до 513 чел.-ч. При перерасчете годовой программы с учетом уменьшения трудоемкости за счет автоматизации, получаем значение равное 4413 чел.-ч.

#### Результаты исследований:

Примем допущение, что при росте программы структура ее сохраняется. Гидромолоты F-35 и FX-35 по трудоемкости разборки и сборки являются самыми емкими и требуют 513 чел.-ч. на их разборку-сборку при текущей программе. При увеличении производственной программы до 555 молотов появляется необходимость в четвертом рабочем месте. Это дает возможность снизить коэффициент закрепления операций на трех рабочих местах до 30.

Такой коэффициент закрепления операций соответствует мелкосерийному типу производства [3]. Это позволяет еще более увеличить степень механизации и автоматизации производства и соответственно снизить трудоемкость ремонта гидромолотов.

Рассчитаем критическое значение программы, при котором гидромолоты F-35 и FX-35 будут занимать целое рабочее место по своей трудоемкости:

$$T_r = (13,29 \times 242 + 7,97 \times 76 + 15,85 \times 39) \times 3,76 = 16694 \text{ чел.-ч.}$$

Количество рабочих мест при этой программе будет равно  $16694/2030 = 8,22$ . Таким образом, при девяти рабочих местах появляются два специализированных рабочих места, оснащенные стендом-кантователем. На одном из них можно выполнять операции разборки, а на другом – операции сборки гидромолотов F-35 и FX-35. Это позволяет вдвое снизить коэффициент закрепления операций, который достигнет значения, характерного для среднесерийного типа производства [3].

#### **Заключение:**

1. Коэффициент конструктивно-технологической однородности изделий служит для оценки эффективности выполнения на одном рабочем месте однородных технологических операций по схожим изделиям. Он отражает специализацию рабочих мест и тесно связан с коэффициентом закрепления операций и коэффициентом, отражающим уровень механизации и автоматизации производства.

2. С ростом производственной программы предприятия коэффициент конструктивно-технологической однородности изделий снижается. Одновременно с ним снижается коэффициент закрепления операций и коэффициент, отражающий трудоемкость операций при соответствующем уровне механизации и автоматизации производства.

3. Выявленные закономерности позволяют объективно определять затраты труда и денежных средств на ремонт изделий для условий многономенклатурного производства с учетом конструктивно-технологической однородности изделий.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Карагодин В.И., Хапугин Р.А., Квасов П.Н., Чан Ван Доан. Оценка конструктивно-технологической однородности гидравлических молотов при их ремонте // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. 2023. №3 (37).

2. Карагодин В.И. Проектирование авторемонтных предприятий: Учеб. пособие. – М: ООО «Техполиграфцентр», 2005. – 358 с.

3. Карагодин В.И. Технологические процессы технического обслуживания и ремонта транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования (строительные и дорожные машины) : учебник / В.И. Карагодин. – Москва : КНОРУС, 2022. – 330 с. – (Бакалавриат).

4. Методические указания по оценке степени и уровня автоматизации производства, предусматриваемой в проектах на строительство новых, реконструкцию и техническое перевооружение действующих предприятий / Госстрой СССР. – М., 1985. – 34 с.

## REFERENCES

1. Karagodin V.I., Khapugin R.A., Kvasov P.N., Chan Van Toan. Evaluation of the structural and technological uniformity of hydraulic hammers during their repair // Automobile. Road. Infrastructure. 2023. №3 (37).

2. Karagodin V.I. Design of car repair enterprises: Textbook. – Moscow: LLC "Techpoligrafcenter", 2005. – 358 p.

3. Karagodin V.I. Technological processes of maintenance and repair of transport and transport-technological machines and equipment (construction and road machines) : textbook / V.I. Karagodin. – Moscow : KNORUS, 2022. – 330 p. – (Bachelor's degree).

4. Methodological guidelines for assessing the degree and level of automation of production provided for in projects for the construction of new, reconstruction and technical re-equipment of existing enterprises / Gosstroy of the USSR. – М., 1985. – 34 p.

Научная статья

УДК 621.001.4

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОТ ПО РЕМОНТУ ГИДРОМОЛОТОВ МЕЖДУ СТАЦИОНАРНЫМИ И ПОЛЕВЫМИ УСЛОВИЯМИ

*В.И. Карагодин, Д.А. Григорьев, Чан Ван Доан*

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

**Аннотация:** эффективность системы технического обслуживания и ремонта машин во многом определяется рациональным распределением работ между звеньями ремонтной сети: предприятиями по капитальному ремонту, централизованному текущему ремонту, стационарными ремонтными мастерскими (профилакториями) эксплуатирующих предприятий и полевыми условиями. В статье рассмотрены вопросы рационального распределения ремонтных работ между стационарными и полевыми условиями.

**Ключевые слова:** ремонт, гидромолот, стационарная мастерская, полевые условия, распределение работ.

Original article

## DISTRIBUTION OF HYDRAULIC HAMMER REPAIR WORK BETWEEN STATIONARY AND FIELD CONDITIONS

*V.I. Karagodin, D.A. Grigoriev, Chan Van Doan*

Moscow Automobile and Road Engineering State  
Technical University (MADI), Moscow, Russia

**Abstract:** the effectiveness of the machine maintenance and repair system is largely determined by the rational distribution of work between the links of the repair network: enterprises for major repairs, centralized routine repairs, stationary repair shops (dispensaries) of operating enterprises and field conditions. The article considers the issues of rational distribution of repair work between stationary and field conditions.

**Keywords:** repair, hydraulic hammer, stationary workshop, field conditions, distribution of work.

### **Введение:**

Основные модели гидромолотов, которые представлены на рынке РФ, это Impulse, Delta, Hammer Master. Эти три фирмы тесно связаны с Группой компаний «Традиция», которая является основным производителем гидромолотов на территории РФ. Она имеет сервисный центр, который осуществляет ремонт и обслуживание техники, как на производственной базе предприятия, так и в полевых условиях с помощью выездных бригад либо передвижных мастерских [1].

Выездные бригады необходимы для оказания технической помощи предприятиям, не располагающим квалифицированным персоналом для технического обслуживания и ремонта эксплуатируемой техники, но имеющим минимально необходимое оснащение для производства таких работ. Передвижные мастерские – это, как правило, автофургоны, оснащенные специальным оборудованием для проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту. В них также предусмотрены места для перевозки рабочих бригад к месту назначения. Сотрудники мастерской могут выполнять профилактические работы или устранять последствия аварии непосредственно на месте её возникновения. Преимущество передвижной ремонтной мастерской состоит в том, что она в течение короткого времени может выехать по любому адресу, включая отдаленные регионы.

Принято считать, что до 20 % работ ТО-1 и до 50 % работ ТО-2 для колесных машин рекомендуется выполнять на стационарной базе, а остальной объем работ – на местах работы машин с помощью передвижных мастерских [2]. Однако это весьма общие и приблизительные рекомендации, а рациональное распределение ремонтных работ может быть получено с помощью математического моделирования [3].

#### **Методика исследований:**

Если объемы и перечень операций каждого вида ТО конкретно определены в эксплуатационной документации, то для работ по ремонту машин и рабочего оборудования, которым являются гидромолоты, они могут колебаться в широких пределах. Для снижения неопределенности технического состояния гидромолотов нами была предложена технология централизованного ремонта [4], основанная на формировании технологических маршрутов в зависимости от технического состояния ремонтируемого изделия [5]. Данная статья является развитием ранее выполненных исследований в направлении создания эффективной сети предприятий по ремонту гидромолотов [6], использующих прогрессивные унифицированные технологические процессы [7], разработанные с учетом конструктивно-технологической однородности гидравлических молотов при их ремонте [8].

Пусть имеется перечень комплексов ремонтных работ  $\{R_{ij}\}$ , где  $i$  – индекс комплекса работ,  $j$  – индекс модели гидромолота. Множество комплексов разделяется на подмножества, показанные на рисунке 1.

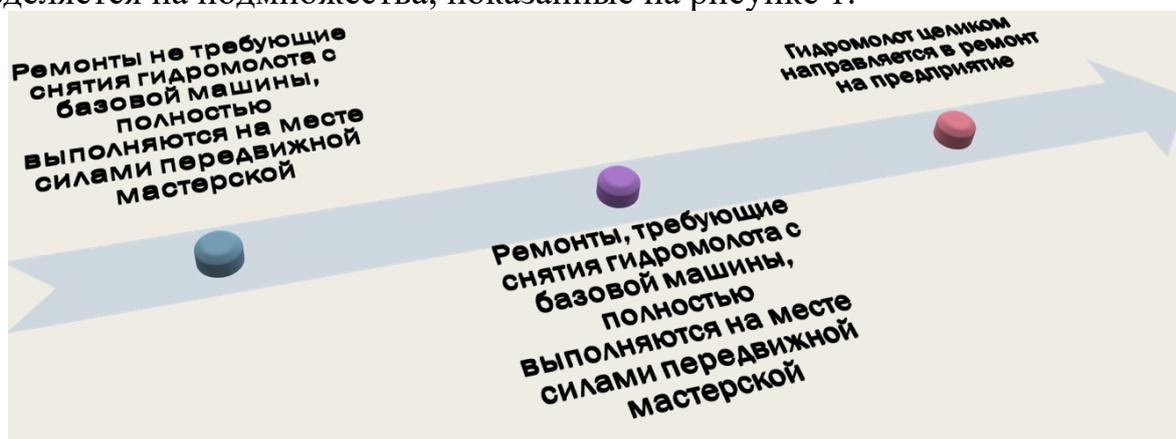


Рисунок 1. Варианты распределения комплексов ремонтных работ

Для построения математической модели введем целочисленные (булевы) переменные:

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й комплекс работ по } j\text{-му молоту выполняется в мастерской;} \\ 0 & \text{если он выполняется в полевых условиях.} \end{cases}$$

Затраты на выполнение всех ремонтных работ за установленный период времени составят:

$$C_{\Sigma} = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^{m_j} [C_{ij}^c \cdot \delta_{ij} + C_{ij}^n (1 - \delta_{ij})] N_{ij},$$

где  $n$  – число моделей молотов, ремонтируемых предприятием;

$m_j$  – число комплексов работ по ремонту молотов  $j$ -й модели;

$C_{ij}^c$  – затраты на выполнение  $i$ -го комплекса работ по ремонту  $j$ -й модели гидромолота в стационарных условиях;

$C_{ij}^n$  – затраты на выполнение  $i$ -го комплекса работ по ремонту  $j$ -й модели гидромолота в полевых условиях;

$X_{ij}$  – число выполненных  $i$ -х комплексов работ по ремонту  $j$ -й модели гидромолота за установленный период времени.

$N_{ij}$  – потребность в выполнении  $i$ -х комплексов работ по ремонту  $j$ -й модели гидромолота за установленный период времени.

На параметры модели налагаются следующие ограничения:

$$X_{ij} = N_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, m_j; j = 1, 2, \dots, n)$$

(потребность в выполнении всех комплексов работ по ремонту всех моделей гидромолотов за установленный период времени должна быть удовлетворена полностью);

$$\delta_{ij} = \delta_{ij}^2$$

(целочисленные переменные могут принимать только два значения: 0 или 1).

Поставленная задача решается с помощью методов целочисленного программирования.

### Экспериментальные исследования:

Фактические данные по ГК «Традиция» показывают, что наибольшую потребность в ремонте имеют две модели гидромолотов: Delta F-5 и Impulse 120 (рисунок 2).

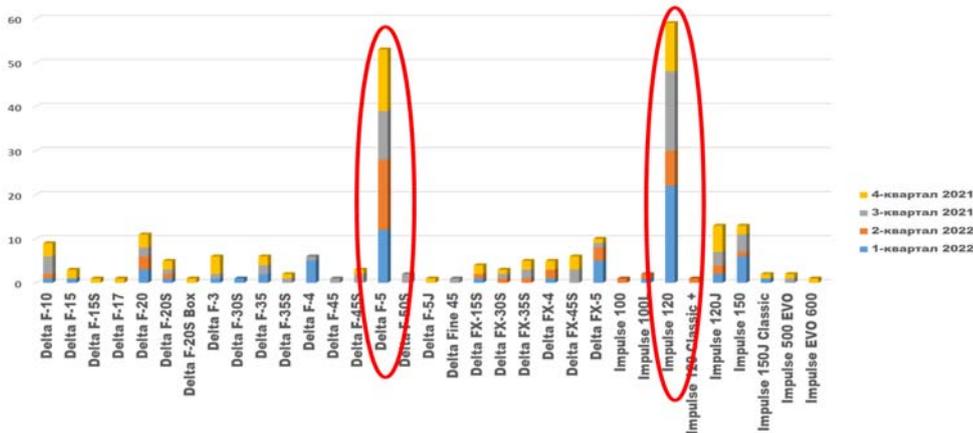


Рисунок 2. Среднегодовая потребность в ремонте гидромолотов

Гидромолоты Delta F-5 и Impulse 120 входят в одну размерную группу и имеют близкие характеристики. Анализ работ, выполняемых в полевых условиях, показал, что в большинстве случаев они включают заправку гидромолота, монтаж гидролинии, диагностику определённых элементов, наплавочно-расточные операции, связанные с наплавкой и обработкой отверстий.

#### **Результаты исследований:**

Ранее сформированные технологические маршруты ремонта гидромолотов [5, 7] были исследованы на предмет необходимости для их выполнения стационарного технологического оборудования (в первую очередь испытательных стендов), что исключает возможности ремонта в полевых условиях. Установлено, что три маршрута могут выполняться на местах эксплуатации машин (см. таблицу).

Таблица – Характеристика технологических маршрутов

№ технологического маршрута	Маршрутный коэффициент, %	Трудоемкость, чел.-ч	Потребность в стационарном оборудовании
1	8,3	18	–
2	33,3	30	+
3	8,3	25	+
4	8,3	26	+
5	8,3	5,5	–
6	8,3	28	+
7	16,7	12	–
8	8,3	14	+

#### **Заключение:**

Анализ полученных результатов позволяет сделать предварительный вывод, что 18 % объемов работ по ремонту гидравлических молотов можно перенести из стационарных условий в полевые условия, что позволит разгрузить стационарные мастерские и сократить простои машин в ремонтах. Окончательный вывод может быть сделан после моделирования системы стационарных и передвижных мастерских.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Григорьев Д.А. Повышение оперативности технического обслуживания и ремонта гидромолотов путем использования подвижных мастерских // «Наука и техника в дорожной отрасли». III Международная конференция с участием

молодых ученых, 15–18 мая 2023 г. : материалы конференции / МАДИ. – М., 2023. – С. 78–80.

2. Эксплуатация подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования при строительстве, содержании и ремонте дорог: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / [С.Ф. Головин, В.А. Даугелло, В.И. Карагодин и др.]; под ред. Е.С. Локшина. – М.: Издательский центр «Академия», 2021. – 336 с.

3. Карагодин В.И. Математическое моделирование процессов и систем технического сервиса на транспорте. Прикладные задачи: учебник (Бакалавриат и магистратура). – Москва : КНОРУС, 2024. – 374 с.

4. Карагодин В.И., Хапугин Р.А. Технология централизованного ремонта гидравлических молотов по техническому состоянию // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2021. № 3. С. 45–53.

5. Карагодин В.И., Хапугин Р.А., Григорьев Д.А., Грешнев Н.С., Чан Ван Доан. Формирование технологических маршрутов сборки гидромолотов при их ремонте // Фундаментальные основы физики, химии и механики наукоемких технологических систем формообразования и сборки изделий: сборник трудов научного симпозиума технологов-машиностроителей / под ред. В.А.Лебедева. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2021. – С. 93–99.

6. Карагодин В.И., Чан Ван Доан. Перспективы и принципы формирования сети предприятий по ремонту гидромолотов в Социалистической Республике Вьетнам // Инфокоммуникационные и интеллектуальные технологии на транспорте: сборник статей международной научно-практической конференции 20–21 апреля 2022 года, г. Липецк – Липецк : Изд-во Липецкого государственного технического университета, 2022 – С. 265–271.

7. Карагодин В.И., Хапугин Р.А., Григорьев Д.А., Чан Ван Доан. Совершенствование системы ремонта гидравлических молотов // Механизация и автоматизация строительства [Электронный ресурс]: сборник статей / Под ред. К.С. Галицкова, М.В. Шувалова, Б.Г. Кима, Т.В. Дормидонтовой. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2022 – С. 40–45.

8. Карагодин В.И., Хапугин Р.А., Квасов П.Н., Чан Ван Доан. Оценка конструктивно-технологической однородности гидравлических молотов при их ремонте // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. 2023. №3 (37).

## REFERENCES

1. Grigoriev D.A. Improving the efficiency of maintenance and repair of hydraulic hammers through the use of mobile workshops // "Science and technology in the road industry". III International conference with the participation of young scientists, May 15–18, 2023 : conference proceedings / MADI. – M., 2023. – pp. 78–80.

2. Operation of lifting and transport, construction, road machinery and equipment in the construction, maintenance and repair of roads: textbook for students. institutions of the environment. Prof. education / [S.F. Golovin, V.A. Daugello, V.I. Karagodin and others.]; edited by E.S. Lokshin. – M.: Publishing center "Academy", 2021. – 336 p.

3. Karagodin V.I. Mathematical modeling of processes and systems of technical service in transport. Applied tasks: textbook (Bachelor's and Master's degrees). – Moscow : KNORUS, 2024. – 374 p.

4. Karagodin V.I., Khapugin R.A. Technology of centralized repair of hydraulic hammers according to technical condition // Transport. Transport facilities. Ecology. 2021. No. 3. pp. 45–53.

5. Karagodin V.I., Khapugin R.A., Grigoriev D.A., Greshnev N.S., Chan Van Doan. Formation of technological routes for assembling hydraulic hammers during their repair // Fundamental principles of physics, chemistry and mechanics of high-tech technological systems for forming and assembling products: proceedings of the scientific symposium of technologists and machine builders / edited by V.A. Lebedev. – Rostov-on-Don: DSTU, 2021. – pp. 93–99.

6. Karagodin V.I., Chan Van Doan. Prospects and principles of forming a network of hydraulic hammer repair enterprises in the Socialist Republic of Vietnam // Infocommunication and intelligent technologies in transport: collection of articles of the international scientific and practical conference on April 20-21, 2022, Lipetsk – Lipetsk : Publishing House of Lipetsk State Technical University, 2022 – pp. 265–271.

7. Karagodin V.I., Khapugin R.A., Grigoriev D.A., Chan Van Doan. Improvement of the hydraulic hammer repair system // Mechanization and automation of construction [Electronic resource]: collection of articles / Edited by K.S. Galitskov, M.V. Shuvalov, B.G. Kim, T.V. Dormidontova. – Samara: Samara State Technical University. Univ., 2022 – pp. 40–45.

8. Karagodin V.I., Khapugin R.A., Kvasov P.N., Chan Van Doan. Evaluation of the structural and technological uniformity of hydraulic hammers during their repair // Automobile. Road. Infrastructure. 2023. №3 (37).

Научная статья

УДК 631.37

## ПРОТОТИП ГУСЕНИЧНОГО ТРАКТОРА С ГИДРОСТАТИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИЕЙ СЭМ-6 ДЛЯ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

*Ю.А. Коцарь<sup>1</sup>, О.В. Кабанов<sup>1</sup>, О.С. Кочегарова<sup>1</sup>, Е.О. Кабанов<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии  
и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

<sup>2</sup>Московский институт электронной техники, г. Москва, Россия

**Аннотация:** системы точного земледелия получили широкое распространение в различных странах, в том числе и на территории Российской Федерации. Одним из наиболее важных элементов системы точного земледелия являются системы подруливания и автопилотирования, позволяющие осуществлять управление движением без участия водителя (или с его минимальным участием). Гидростатическая трансмиссия (ГСТ) имеет явные преимущества перед механическими и гидромеханическими трансмиссиями, т.к. она обеспечивает плавное (бесступенчатое) изменение тягово-скоростного режима трактора в широком диапазоне силы тяги на крюке и рабочей скорости, а также достаточно просто настраивается на автоматизированное управление на движение по заданной траектории. Получены уточнённые данные для проектирования гусеничного сельскохозяйственного трактора с гидростатической трансмиссией тягового класса 7 тс.

**Ключевые слова:** точное земледелие, трактор, гидростатическая трансмиссия, измерительный комплекс, крюковая сила, расход топлива, коэффициент буксования, мощность двигателя, автоматическое управление.

Original article

## PROTOTYPE OF A TRACKED TRACTOR WITH A HYDROSTATIC TRANSMISSION SAM-6 FOR PRECISION FARMING

*U.A. Kozar<sup>1</sup>, O.V. Kabanov<sup>1</sup>, O.S. Kochegarova<sup>1</sup>, E.O. Kabanov<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Saratov State University of genetics, biotechnology  
and engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

<sup>2</sup>National Research University of Electronic Technology, the city of Moscow, Russia

**Abstract:** precision farming systems have become widespread in various countries, including on the territory of the Russian Federation. One of the most important elements of the precision farming system is the steering and autopilot systems, which allow you to control traffic without the participation of a driver (or with minimal participation). Hydrostatic transmission (GST) has clear advantages over mechanical and hydromechanical transmissions, because it provides a smooth (stepless) change in the tractor's traction and speed mode in a wide range of traction force on the hook and operating speed, and is also quite simply configured for automated control to move along a given trajectory. Updated data have been obtained for the design of a tracked agricultural tractor with a hydrostatic transmission of traction class 7 tc.

**Keywords:** precision farming, tractor, hydrostatic transmission, measuring system, hook force, fuel consumption, slip coefficient, engine power, automatic control.

### **Введение:**

Важнейшей задачей сельскохозяйственного производства является обеспечение дальнейшего роста производительности труда при сохранении высокого качества выполнения сельскохозяйственных работ. Одним из наиболее эффективных средств повышения производительности является внедрение систем точного земледелия. Реализация такого подхода стала возможной благодаря появлению систем глобального позиционирования, развитию бортовой электроники и рабочих механизмов сельхозмашин.

Интенсификация сельскохозяйственного производства неразрывно связано с повышением единичной мощности тракторов. Последнее поставило перед сельхозпроизводителями непростую задачу – эффективного использования их потенциальных возможностей. Для решения этой задачи на современных энергонасыщенных тракторах устанавливают многоступенчатые коробки передач механического или гидромеханического типа. Увеличение количества передач приводит не только к повышению эффективности эксплуатации тракторов, но и к увеличению стоимости трансмиссии и снижению надёжности.

### **Методика исследований:**

Механические коробки передач обеспечивают ступенчатое скачкообразное изменение тягово-скоростной характеристики трактора (линия 1 рисунок 1) с его остановкой.

В гидромеханической коробке передач происходит плавный переход скоростного режима, с одной передачи на другую, но ступенчатое изменение тягово-скоростного режима сохраняется на линии 2 рисунок 1.

Одним из направлений более полного использования потенциальных возможностей тракторов является использование гидростатических трансмиссий (ГСТ), обеспечивающих плавное (бесступенчатое) изменение тягово-скоростной характеристики  $P_{кр}$  (линия 3 рисунок 1).

При этом значению крюковой силы  $P_{кр}$  соответствует определённая скорость движения трактора. Так с увеличением крюковой силы скорость движения трактора  $V_p$  снижается, но крюковая мощность  $N_{кр}=V_p \times P_{кр}$  и мощность двигателя  $N_e=N_{кр} \times \eta_{ДТ}$  остаются постоянными. Т.е. двигатель работает при постоянной мощности в экономичном режиме. Управление трактором с ГСТ осуществляется джойстиком.

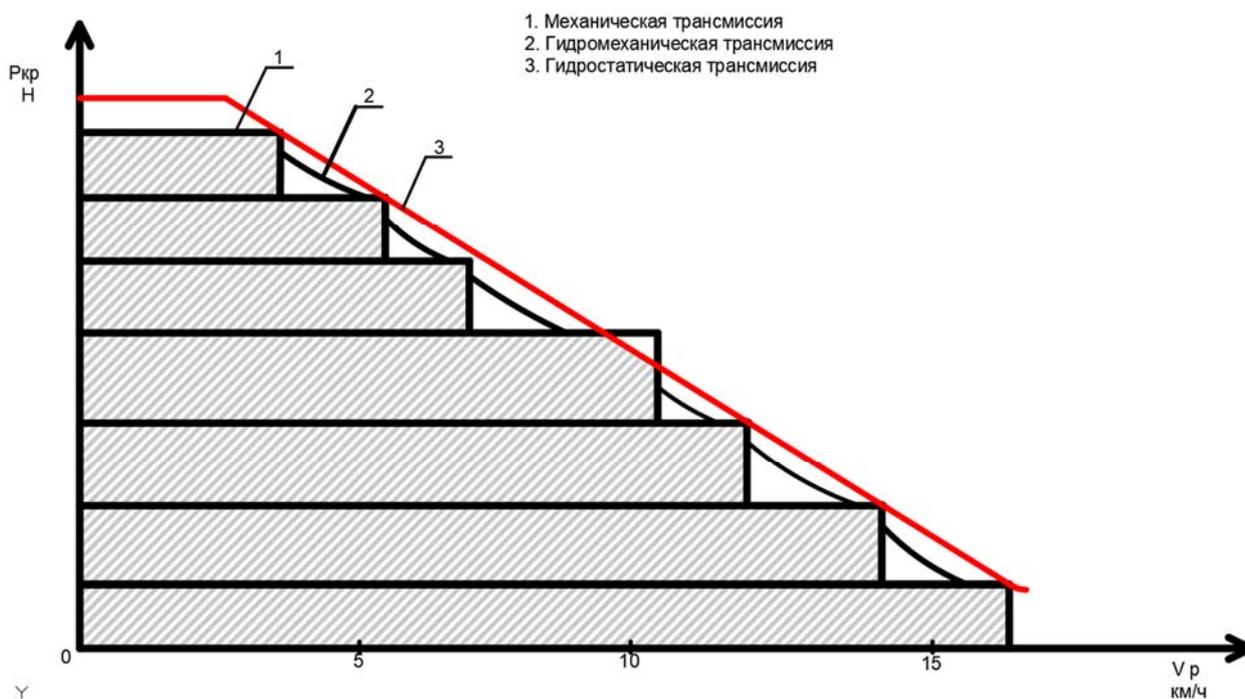


Рисунок 1. Тягово-скоростная характеристика тракторов с различными трансмиссиями

В 2023 году на заводе «Алтайлесмаш» изготовил опытный образец – прототип трактора с гидростатической трансмиссией самоходный

энергетический модуль СЭМ–6 (рисунок 2) и проведены внутривозовские испытания.

Испытания проводились в двух режимах работы СЭМ-6: в режиме транспортного средства и в тяговом режиме. Для проведения испытаний был разработан контрольно-измерительный комплекс (рисунки 3, 4), позволяющий определять основные эксплуатационные показатели СЭМ-6: скорость движения, расход топлива, силу тяги на крюке, величину буксования и время опыта.

Коэффициент загрузки двигателя считывался с бортового компьютера СЭП-6. На первом этапе испытаний в транспортном режиме изменялась масса перевозимого груза. Результаты испытаний представлены в виде таблицы отображенной на экране контроллера (рисунок 5) и в виде графической зависимости, построенной по результатам испытаний (рисунок 6).

При работе на современном энергонасыщенном тракторе от механизатора требуется выбор оптимального эксплуатационного режима в комплексе с поддержанием заданной траектории в условиях использования широкозахватных агрегатов, которые контролировать визуально не представляется возможным. Это может приводить к перекрытию при почвообработке, либо наоборот – к образованию необработанных (незасеянных) участков.



Рисунок 2. Прототип трактора с гидростатической трансмиссией самоходный энергетический модуль СЭМ–6



Рисунок 3. Контрольно-измерительный комплекс для проведения испытаний

Интегрирование системы курсового контроля при согласовании протоколов управления с системой управления трансмиссией и контрольно-измерительным комплексом позволяет получить трактору функции автоматического управления – полноценный автопилот.

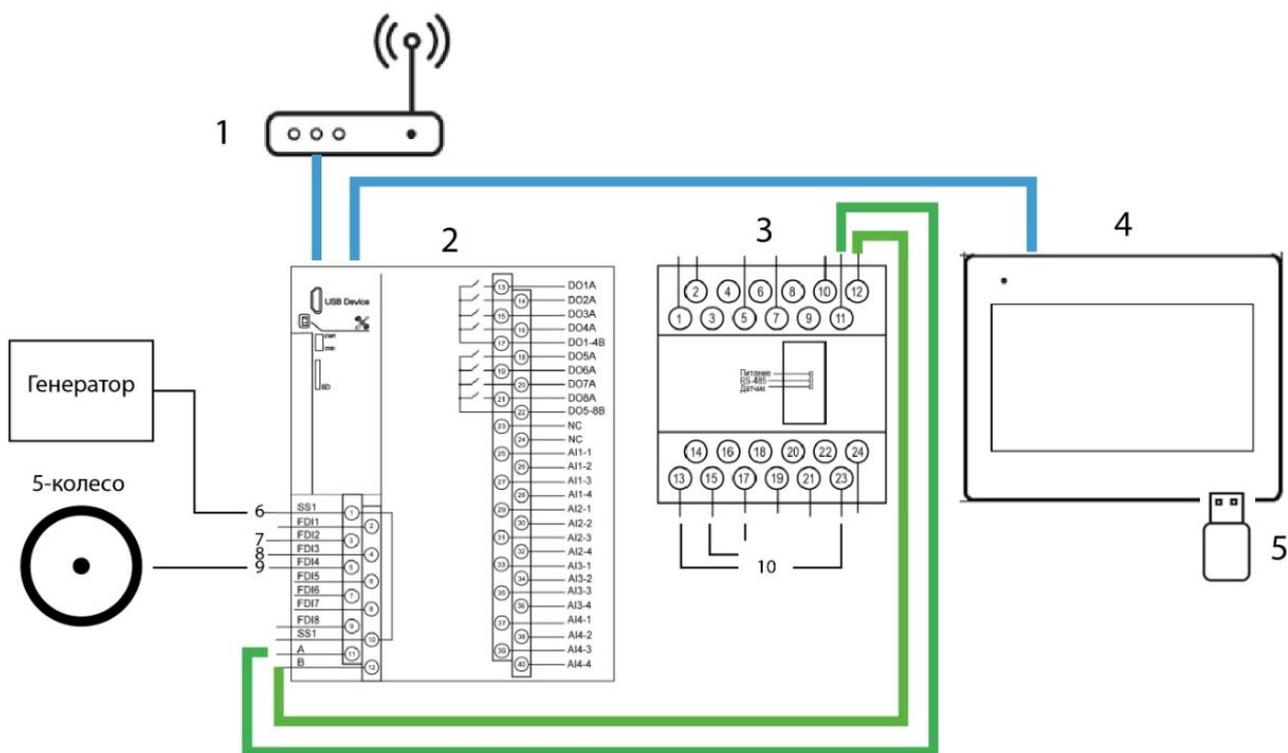


Рисунок 4. Структурная схема контроль-измерительного комплекса: 1 – точка доступа; 2 – контроллер; 3 – модуль измерения тензометрического датчика; 4 – панель оператора; 5 – USB-флешка; 6 – отметчик оборотов с генератора; 7, 8 – расходомеры топлива; 9 – отметчик положения пятого путеизмерительного колеса;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

## Результаты исследований:

Анализ результатов показывает, что даже при нагрузке 21 т (номинальная грузоподъемность 18 т) и скорости 7,6 км/ч, коэффициент загрузки двигателя составляет 65 %, следовательно, для более полного использования мощности двигателя необходимо увеличение грузоподъемности или скоростного режима.

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

Рисунок 5. Результаты испытаний на экране контроллера

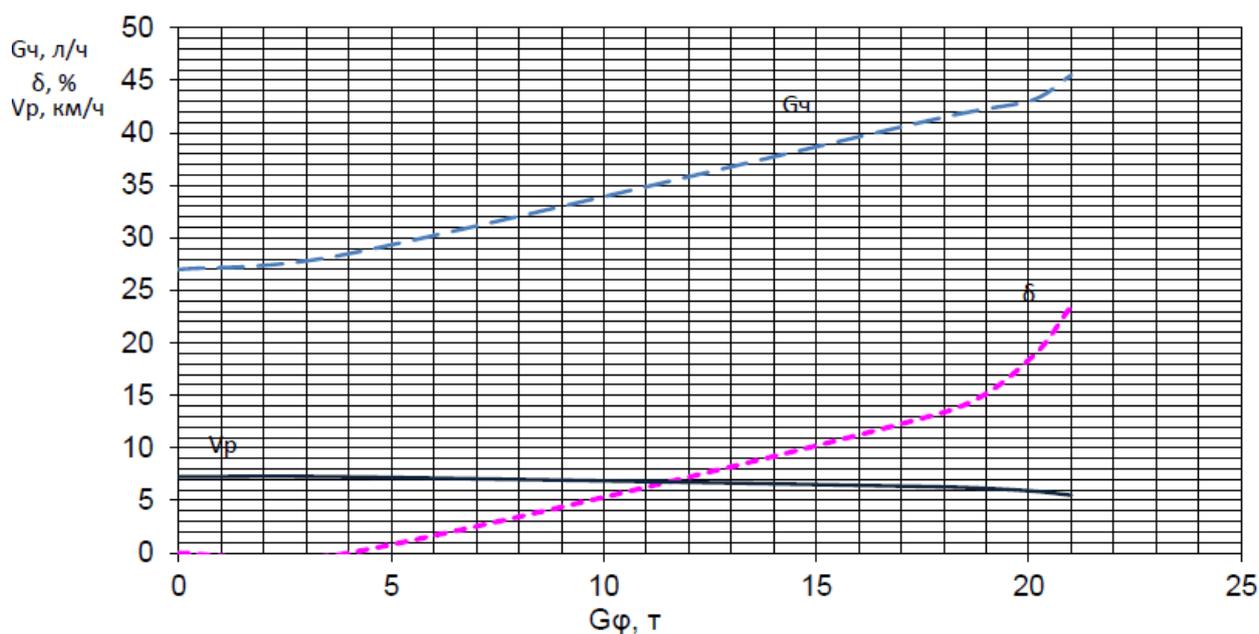


Рисунок 6. Зависимость часового расхода топлива, скорости, коэффициента буксования от грузоподъемности  $G_{ф}$

### **Результаты исследований:**

Гидростатическая трансмиссия успешно прошла испытания с контрольно-измерительным комплексом показала хорошие результаты. СЭМ–6 с таким оснащением обладает легкостью управления. Кроме того, при оснащении прототипа трактора системой курсового контроля, трансмиссия позволит поддерживать заданную траекторию движения. В комплекте с контрольно-измерительным комплексом трактор становится роботизированным с эффективным режимом эксплуатации.

### **Заключение:**

В результате проведенных испытаний установлено, что при крюковой нагрузке 45–50 % от номинальной – 7 тс, величина загрузки двигателя – 86–89 % Т.е. мощности установленного двигателя недостаточно для создания номинальной крюковой силы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глущенко А.А. Испытания автомобилей и тракторов : учебное пособие для студентов инженерного факультета / А.А. Глущенко, Д.Е. Молочников, И.Р. Салахутдинов, Е.Н. Прошкин – Ульяновск: УлГАУ, 2018. – 384 с.
2. Мирошниченко А.Н. Основы теории автомобиля и трактора: учебное пособие / А.Н. Мирошниченко. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2014. – 490 с.
3. Поливаев О.И. Теория трактора и автомобиля : учебник / О.И. Поливаев, В.П. Гребнев, А.В. Ворохобин. – Санкт-Петербург : Лань, 2016. – 232 с.

## REFERENCES

1. Glushchenko A.A. Testing of cars and tractors: a textbook for students of the Faculty of Engineering / A.A. Glushchenko, D.E. Molochnikov, I.R. Salakhutdinov, E.N. Proshkin – Ulyanovsk: UIGAU, 2018. – 384 p.
2. Miroshnichenko A.N. Fundamentals of the theory of the automobile and tractor : a textbook / A.N. Miroshnichenko. Tomsk : Publishing House Vol. state. archit. – He's building. unita, 2014. – 490 p.
3. Polivaev O.I. Theory of tractor and automobile : textbook / O.I. Polivaev, V.P. Grebnev, A.V. Vorokhobin. – St. Petersburg : Lan, 2016. – 232 p.

Научная статья

УДК 621.882

## СПОСОБЫ КОНТРОЛЯ ЗАТЯЖКИ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

*Н.В. Юдаев, Р.А. Денисов, И.И. Елисеев*

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

**Аннотация:** выполнено сравнение методов контроля, определены области их использования, установлены причины неточности измерения, возможная величина погрешностей. Описаны качественно и количественно процессы трения и упругого деформирования деталей резьбовых соединений, установлены возможные границы изменчивости процессов при влиянии различных факторов. Оценена степень соответствия теоретических зависимостей и соотношений экспериментальным данным. Предложена методика проведения измерений.

**Ключевые слова:** сила затяжки, резьбовое соединение, деформация, момент сил, трение, податливость.

Original article

## WAYS TO CONTROL THE TIGHTENING OF THREADED CONNECTIONS

*N.V. Yudaev, R.A. Denisov, I.I. Eliseev*

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

**Abstract:** the comparison of control methods was carried out, the areas of their use were determined, the causes of measurement inaccuracy and the possible magnitude of errors were established. The processes of friction and elastic deformation of threaded joint parts are described qualitatively and quantitatively, and possible limits of process variability under the influence of various factors are established. The degree of correspondence of theoretical dependencies and ratios to experimental data is estimated. A measurement technique is proposed.

**Keywords:** tightening force, threaded connection, deformation, moment of forces, friction, malleability.

Проблема точности затяжки болта связана с определением деформаций деталей соединения. Прямым методом измерения нельзя установить величину силы затяжки. Косвенные методы измерения на основании экспериментального определения удлинения болта  $\{\Delta l_{\text{болт}}\}$ , угла поворота гайки  $\{\varphi\}$ , крутящего момента  $\{T_{\text{зав}}\}$  позволяют установить(контролировать) силы затяжки. По закону Гука деформация стержня болта и сжимаемой данным болтом деталей прямо пропорциональны величине осевого усилия. Поэтому измерив вытяжку болта можно определить силу. Удлинение болта происходит вследствие того,

что реакция от опорной плоскости гайки передается на поверхность резьбы болта контактирующей с резьбой гайки. При повороте на один оборот опирающейся на свой торец гайки происходит вытяжка болта на один шаг резьбы. Таким образом, учитывая связь угла поворота гайки с деформацией и закон Гука можно определить осевую силу. Другой косвенный прием измерения (самый распространенный) основан на функциональной связи величины момента на ключе с величиной осевой нагрузки.

Измерение удлинения болта  $\{\Delta l_{\text{болт}}\}$ . Данный метод используется при затяжке ответственных соединений, является наиболее точным из всех известных, поскольку зависимость между силой и деформацией прямо пропорциональна и не зависит от трения в резьбе.

Возможное удлинение болта в пределах упругости по закону Гука прямо пропорционально осевому усилию затяжки:

$$\Delta l_{\text{болт}} = \lambda_{\text{болт}} \cdot F_{\text{зат}} = \frac{l_{\text{деф}}}{E \times A} \cdot F_{\text{зат}}.$$

Здесь  $\lambda_{\text{болт}}$  – податливость болта,  $l_{\text{деф}} \cong l + 3p$  – длина деформируемого участка болта больше, чем  $l$  – расстояние между опорной поверхностью головки болта и гайки. При этом более 70 % всей нагрузки приходится на три последних витка резьбы, а вытяжка резьбовой части болта, находящейся под гайкой составляет примерно три шага резьбы ( $3p$ ).

Определение усилия затяжки по удлинению болта (шпильки) применяют для длинных болтов более  $l_{\text{болт}} \gg 10d$ , имеющих существенные (значимые) упругие деформации около 150...250 мкм, которые могут быть достаточно точно измерены. Для коротких и жестких болтов (когда  $l_{\text{болт}} \leq 6 \dots 10d$ ), величина упругого удлинения болта мала (20...60 мкм) и соизмерима с погрешностью измерения [7]. При отсутствии определенных инструкцией завода изготовителя величин упругих удлинений рекомендуется принимать удлинение болтов не более  $0.0003l$ , где  $l$  – расстояние между опорной поверхностью головки болта и гайки. Если остаточное удлинение шатунного болта более чем  $0.002l$ , от исходной длины то его меняют.

Угол поворота гайки  $\{\varphi\}$ . Затяжка с контролем угла поворота гайки осуществляют в следующей последовательности. Вначале определяют расчетный угол поворота  $\{\varphi\}$  и для смятия неровностей на стыковых поверхностях и устранения возможных перекосов 2...3 раза затягивают и откручивают гайку на угол  $(0.5 \dots 0.6)\{\varphi\}$ . Вновь наворачивают гайку рукой до плотного соприкосновения с опорной поверхностью и затягивают гайку ключом на расчетный угол.

При создании необходимого усилия затяжки в пределах упругого деформирования происходит сжатие деталей и вытяжка болта. Величина перемещения гайки вдоль оси болта (ход гайки) равна произведению силы затяжки на суммарную податливость болта и стягиваемых деталей:  $F_{\text{зат}}(\lambda_{\text{болт}} + \lambda_{\text{дет}})$ .

При этом за один оборот гайка будет смещаться на один шаг резьбы. Из равенства отношений получим связь угла поворота с усилием затяжки:

$$\frac{p}{360^\circ} = \frac{(\lambda_{\text{болт}} + \lambda_{\text{дет}})F_{\text{зат}}}{\varphi} \Rightarrow \varphi = 360^\circ \frac{(\lambda_{\text{болт}} + \lambda_{\text{дет}})F_{\text{зат}}}{p}.$$

Величина угла поворота гайки для относительно коротких болтов  $l_{\text{болт}} \leq 3d$  не значительна, сопоставима с погрешностью измерения и точность измерения усилия затяжки не высокая. Погрешность данного метода заключается и в приближенном определении начального углового положения гайки, когда по субъективным ощущениям устанавливается момент плотного прилегания гайки к стягиваемой детали. Зависимость усилия затяжки от угла поворота не пропорциональна вначале поворота гайки, а при завершении затяжки вследствие увеличения момента трения в резьбе ( $T_p$ ) гайка не только вытягивает, но и скручивает тело болта, и гайка поворачивается вместе с телом болта. Угловая деформация болтов при затяжке составляет не более 2 %. Обычно не учитывается.

Метод измерения по углу поворота прост, не связан с силами трения. Данный метод не пригоден для соединений с короткими болтами. Из-за приближенного определения начального углового положения гайки точность обеспечения заданного усилия затяжки при контроле по углу поворота гайки не превышает  $\pm 20$  %. Повысить точность измерения и исключить произвольность отсчета начального положения гайки можно если первоначальную затяжку до «нулевого» положения проводится тарированным инструментом, а дальнейшую затяжку контролировать по углу поворота.

Крутящий момент  $\{T_{\text{зав}}\}$ . При затяжке гайки зависимость между моментом приложенным к гайке и осевым (растягивающим) усилием действующим на болт определяется как:

$$T_{\text{зав}} = T_0 + T_p + T_T = F_{\text{зат}} \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\psi) + F_{\text{зат}} \frac{d_2}{2} f_p + F_{\text{зат}} f_T \frac{D_1 + d_{\text{отв}}}{4},$$

$$T_{\text{зав}} = F_{\text{зат}} \frac{d_2}{2} \left\{ \tan(\varphi + \psi) + f_T \times \frac{D_1 + d_{\text{отв}}}{2d_2} \right\}.$$

Здесь:

$T_0$  – момент необходимый для создания силы затяжки;

$T_p + T_T$  – сумма моментов трения в резьбе и на торце гайки;

$F_{\text{зат}}$  – осевое усилие затяжки, растягивающее болт (винт) и сжимающее детали;

$d_2 = \frac{d_1 + d}{2} \cong 0.9d$  – средний диаметр резьбы;

$d_1$  – внутренний диаметр резьбы;

$d$  – номинальный(наружный) диаметр резьбы;

$\varphi = \arctan \frac{f_p}{\cos(0.5 \times \alpha)}$  – приведенный угол трения в резьбе;

$\psi = \arctan \frac{P}{\pi \times d_2}$  – угол подъема резьбы;

$P$  – шаг резьбы;

$f_T$  – коэффициент трения на торце.

Учитывая что:  $\tan(\varphi + \psi) = \frac{\tan \varphi + \tan \psi}{1 - \tan \varphi \times \tan \psi} = \frac{1.154 \cdot f_p + \frac{P}{\pi \times d_2}}{1 - 1.154 \cdot f_p \times \frac{P}{\pi \times d_2}}$ , получаем (для

резьбы М20×2.5) также как записано в ГОСТ [1] «известное с 1955 г.» уравнение Келлермана и Кляйна:

$$T_{\text{зав}} = T_o + T_p + T_T = F_{\text{зат}} \left\{ \frac{1}{2} \times \frac{P + 1.154 \cdot \pi \cdot f_p \cdot d_2}{\pi - 1.154 \cdot f_p \cdot \frac{P}{d_2}} + f_T \frac{(D_1 + d_{\text{отв}})}{4} \right\} = \{0.18\} F_{\text{зат}} d.$$

Исходя из классического соотношения получаем тоже самое:

$$T_{\text{зав}} = F_{\text{зат}} \left\{ \frac{P}{\pi \times 2} + \frac{d_2}{2} \frac{f_p}{\cos 30^\circ} + \frac{f_T (D_1 + d_{\text{отв}})}{4} \right\} = \{0.18\} F_{\text{зат}} d.$$

В большинстве работ рекомендуют определять момент затяжки как:  $T_{\text{зав}} \cong 0.2 F_{\text{зат}} \cdot d$ . Упрощенную формулу по определению момента необходимого для заворачивания (затяжки) указывают в инструкциях по сборке, правилах монтажа:  $T_{\text{зав}} = T_{\text{зат}} = K \times F_{\text{зат}} \times d$ . Величина  $K$  – коэффициент закручивания берется из сертификатных данных завода-изготовителя или приводится в правилах сборки, усилие затяжки задают равной 75 % от пробной нагрузки.

Собственно момент создающий осевую силу натяжения для идеального резьбового соединения (при  $f_p = 0$ , и  $f_T = 0$  с числом заходов резьбы –  $z$ ) равен:  $T_{\text{зав}} = T_o = F_{\text{зат}} \frac{z \times P}{2\pi}$ . То есть данный момент прямо пропорционален ходу гайки. Доля этого момента (10 ... 15 %) в общем моменте указывает на значимость и существенность связи общего момента затяжки с усилием. При уменьшении коэффициента трения доля полезной составляющей момента на ключе, совершающая работу по вытяжке резьбового стержня возрастает. Величина коэффициента трения имеет определенное рассеивание от 0.1 до 0.6 и даже более 1.0 может быть при изношенной резьбе. Наибольшее влияние на коэффициенты трения оказывают род материала сопрягаемых деталей, шероховатость поверхностей сопряжения, сорт смазки и вид антикоррозионного покрытия (оксидирование, цинкование, серебрение, омеднение и др.). При переменных нагрузках и вибрациях вследствие взаимных микросмещений поверхностей трения (например, в результате радиальных или осевых упругих деформаций гайки и стержня винта) коэффициент трения существенно снижается (до 0,02 и ниже). Поэтому достоверность определения необходимого крутящего момента (точность способа контроля усилия затяжки по величине момента) будет зависеть от того, насколько принятые для расчета коэффициенты трения соответствуют их действительным значениям. В случае принятия каких усредненных значений коэффициентов трения, с учетом того, что момент создающий силу затяжки составляет в общем моменте на ключе не более 15 %, погрешность измерения силы затяжки по величине момента будет  $\pm 30$  %.

Отношение моментов отворачивания и заворачивания  $\left\{ \frac{T_{\text{отв}}}{T_{\text{зав}}} \right\}$ . Данный метод позволяет повысить точность создания заданной силы затяжки за счет экспериментального определения коэффициентов трения с учетом всех

конструктивно технологических особенностей конкретного вида резьбового соединения. Расчетная зависимость момента на ключе от усилия затяжки и данного отношения получена [6] из следующих заключений.

Момент необходимый для заворачивания равен:

$$T_{\text{кл}} = T_{\text{зав}} = T_o + T_p + T_T = F_{\text{зат}} \frac{P}{2\pi} + F_{\text{зат}} \frac{d_2}{2} \frac{f_p}{\cos 30^\circ} + F_{\text{зат}} \frac{f_T(D_1 + d_{\text{отв}})}{4}.$$

Момент необходимый для отворачивания определяется как:

$$T_{\text{отв}} = -T_o + T_p + T_T = -F_{\text{зат}} \frac{P}{2\pi} + F_{\text{зат}} \frac{d_2}{2} \frac{f_p}{\cos 30^\circ} + F_{\text{зат}} \frac{f_T(D_1 + d_{\text{отв}})}{4}.$$

Уравнение разности данных моментов:  $T_{\text{зав}} - T_{\text{отв}} = F_{\text{зат}} \frac{P}{\pi}$ . Учитывая, что изначально было принято  $T_{\text{кл}} = T_{\text{зав}}$ , разделим левую часть уравнения на  $T_{\text{зав}}$ , а правую на  $T_{\text{кл}}$ , получим:  $T_{\text{кл}} = \frac{F_{\text{зат}} \frac{P}{\pi}}{\left(1 - \frac{T_{\text{отв}}}{T_{\text{зав}}}\right)}$ .

При предварительной сборке моменты заворачивания и отворачивания экспериментально измеряются динамометрическим ключом. Далее для заданного усилия затяжки и шага резьбы по данной зависимости для конкретного резьбового соединения определяется момент на ключе. После этого гайка затягивается динамометрическим ключом до создания расчетного момента  $T_{\text{кл}}$ . Преимущество данного метода в том, что момент на ключе определяется без учета коэффициентов трения в явном виде. Коэффициенты трения учитываются при экспериментальном измерении динамометрическим ключом моментов  $T_{\text{зав}}$  и  $T_{\text{отв}}$ .

Отношение моментов постоянно  $\left(\frac{T_{\text{отв}}}{T_{\text{зав}}}\right)$ , не зависит от усилия затяжки и чем больше коэффициенты трения тем ближе оно к единице.

Теоретическое определение величины отношений моментов для резьбы: дало следующий результат  $\frac{T_{\text{отв}}}{T_{\text{зав}}} = 0,767 \dots 0.802$ . Уменьшение шага или увеличение диаметра незначительно на 3...5 % приводит к росту отношения моментов. Экспериментально [6] для 265 резьбовых соединений различных узлов получено в 70 % случаев:  $\frac{T_{\text{отв}}}{T_{\text{зав}}} = 0.7 \dots 0.85$ .

Недостатки данного метода в том, что момент отвинчивания зависит от скорости вращения ключа и при замере отвинчивания имеет место коэффициент трения покоя, а при завинчивании коэффициент трения скольжения. Поэтому как при заворачивании, так и при отворачивании, необходимо «считывать» величину показаний динамометрического ключа в момент «трогания гайки с места». Поворот гайки рожковым ключом, продольная ось головки которого проходит с наклоном  $15^\circ$  к оси рукоятки, до затяжки допустим на  $90^\circ$ , следует выполнять в одинаковом темпе, без рывков за 3...6 перехвата ключа. За счет экспериментального учета трения точность обеспечения усилия при затяжке расчетным моментом составляет  $\mp 10\%$ .

## Выводы:

1. Определение усилия затяжки по удлинению болта (шпильки) применяют для длинных болтов более  $l_{\text{болт}} \gg 10d$ , имеющих существенные (значимые) упругие деформации около 150...250 мкм, которые можно точнее измерить. Данный метод используется при затяжке ответственных соединений, является наиболее точным из всех известных, поскольку зависимость между силой и деформацией прямо пропорциональна и не зависит от трения в резьбе. Для коротких и жестких болтов ( $l_{\text{болт}} \leq 6d$ ), величина упругого удлинения при затяжке незначительна и сопоставима с погрешностью измерения, поэтому точность измерения усилия затяжки не высокая.

2. Момент затяжки почти на 85 % расходуется на преодоление сил трения и не более 15 % на работу по растяжению болта. Точность способа контроля усилия затяжки по величине момента зависит от соответствия принятых для расчета коэффициентов трения действительным значениям. Вследствие этих факторов метод контроля усилия затяжки по моменту на ключе обладает низкой точностью –  $\mp 30\%$ .

3. Погрешность измерения при затяжке с контролем угла поворота гайки заключается в приближенном определении начального (нулевого) положения гайки, когда по субъективным ощущениям рабочего устанавливается плотность прилегания гайки к стягиваемой детали. Точность обеспечения заданного усилия затяжки при данном методе контроля не превышает  $\pm 20\%$ . Повысить точность измерения и исключить произвольность отсчета начального положения гайки можно если первоначальную затяжку до «нулевого» положения проводить динамометрическим ключом.

4. Использование связи момента на ключе с усилием затяжки, шагом резьбы и экспериментальным определением моментов на отворачивание и заворачивание позволяет контролировать затяжку с точностью ( $\mp 10\%$ ). Достоинство данного метода в том, что предварительно экспериментально устанавливается величина трения в резьбе и на торце гайки.

## Список литературы

1. ГОСТ 1759.4-87 (ИСО 898-1-78) Межгосударственный стандарт. Болты, винты и шпильки. Механические свойства и методы испытаний.
2. ГОСТ ISO 16047-2015 Изделия крепежные. Испытания крутящего момента и усилия предварительной затяжки (ISO 16047:2005, ЮТ).
3. РД 37.001.131-89 Затяжка резьбовых соединений. Нормы затяжки и технические требования.
4. Биргер И.А., Иосилевич Г.Б. Резьбовые и фланцевые соединения. – М.: Машиностроение, 1990. – 368 с. : с ил ISBN 5-217-00834-2.

5. Жуков В.Б. Исследование плотности стыков резьбовых соединений авиационных двигателей: автореферат дис... к-та техн. наук 05.07.00 В. Б Жуков-Харьков,1970. – 29 с.

6. Соловьев В.Л. Обеспечение надежности машин при их ремонте в сельском хозяйстве путем повышения точности и равномерности затяжки групповых резьбовых соединений. Специальность 05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве. Автореферат на соискание ученой степени к.т.н., Омск, 2014 г.

7. Kellerman R. und Klein H.-C. Untersuchungen uber den Einfluss der Reibung auf Vorspannung und Anzugsmoment von Schraubenverbindungen; Sonderdruck aus Zeitschrift «Konsruktion» 1955, Nummer 2, Springer-Verlag – Berlin/ Gottingen/ Heidelber.

## REFERENCES

1. GOST 1759.4-87 (ISO 898-1-78) Is an interstate standard. Bolts, screws and studs. Mechanical properties and test methods.

2. GOST ISO 16047-2015 Fasteners. Torque and pre-tightening force tests (ISO 16047:2005, UT).

3. RD 37.001.131-89 Tightening of threaded connections. Tightening standards and technical requirements.

4. Birger I.A., Iosilevich G.B. Threaded and flanged connections. – M.: Mashinostroenie, 1990. – 368 с.: with il ISBN 5-217-00834-2.

5. Zhukov V.B. Investigation of the joint density of threaded joints of aircraft engines: abstract of the dis... k-that tech. sciences 05.07.00 V.B. Zhukov. – Kharkov,1970. – 29 с.

6. Solovyov V.L. Ensuring the reliability of machines during their repair in agriculture by increasing the accuracy and uniformity of tightening of group threaded connections. Specialty 05.20.03 – Technologies and maintenance tools in agriculture. Abstract for the degree of Candidate of Technical Sciences, Omsk, 2014.

7. Kellerman R. und Klein H.-C., Untersuchungen uber den Einfluss der Reibung auf Vorspannung und Anzugsmoment von Schraubenverbindungen; Sonderdruck aus Zeitschrift «Konsruktion» 1955, Nummer 2, Springer-Verlag – Berlin/ Gottingen/ Heidelber.

Научная статья

УДК 631.1

## ПРИМЕНЕНИЕ LIDAR КАК СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ТРАВМАТИЗМА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МТА

*Т.В. Севастюк, В.М. Раубо, А.Н. Гурина, А.В. Гаркуша,  
Л.Е. Процко, Е.С. Андрухович*

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

*О.В. Савельева*

Волковысский государственный аграрный колледж,  
г. Волковыск, Республика Беларусь

**Аннотация:** производственные процессы выполняемые при агрегатировании оборудования, требуют от тракториста постоянного осуществления контроля за рабочими органами сзади, и при недостаточной обзорности вынуждают его постоянно оглядываться назад. Использование LIDAR в качестве датчика пространства, поможет трактористу увидеть препятствия на сравнительно большой дистанции, что снизит вероятность наезда на препятствие и в следствии снизит травматизм.

**Ключевые слова:** безопасность, травматизм, «мертвые зоны, LIDAR, МТА, обзорность.

Original article

## THE USE OF LIDAR AS A WAY TO REDUCE INJURIES DURING MTA OPERATION

*T.V. Sevastyuk, V.M. Raubo, A.N. Gurina, A.V. Garkusha,  
L.E. Protsko, E.S. Andrukhovich*

Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Republic of Belarus

*O.V. Savelyeva*

Volkovysk State Agrarian College, Volkovysk, Republic of Belarus

**Abstract:** production processes carried out when aggregating equipment require the tractor driver to constantly monitor the working parts from behind, and with insufficient visibility forces him to constantly look back. Using LIDAR as a space sensor will help the tractor driver see obstacles at a relatively large distance, which will reduce the likelihood of hitting an obstacle and, as a result, reduce injuries.

**Keywords:** safety, injuries, blind spots, LIDAR, MTA, visibility.

Отличительной особенностью сельскохозяйственного производства в целом и производства продукции растениеводства в частности, является то, что

оно выполняется в условиях постоянно меняющихся параметров производственной среды. В то же время возможности адаптации средств производства к колебаниям параметров производственной среды, физическому состоянию работающего, состоянию почвы, семян, минеральных удобрений, растительной массы – весьма ограничены. Возникающее рассогласование между отдельными элементами процесса и резко возрастающее при этом число технических и технологических отказов, тракторист-машинист вынужден компенсировать дополнительными тратами, выражающимися в рассеивании внимания, что неизбежно приводит к повышенному уровню травмирования и росту профессиональной заболеваемости среди трактористов и комбайнеров. Этому способствует и тот факт, что средства безопасности, устанавливаемые на сельскохозяйственной технике, встраиваются в технологические узлы и не учитывают взаимного влияния элементов системы друг на друга и, как следствие этого, на практике имеет место непредсказуемое изменение безопасности системы в целом. Недочет этого фактора приводит к тому, что технические решения не приносят желаемого результата. Учитывая то, что растениеводство относится к числу наиболее энергонасыщенных и механизированных отраслей сельского хозяйства, ключевая роль в которой отводится механизаторам, становится ясно, что проблема формирования производственных опасностей в человеко-машинной системе и разработка научных основ проектирования и испытания инженерно-технических средств защиты, используемых на сельскохозяйственной технике, от опасностей является актуальной [1].

За последнее время усложнились конструкции тракторов и машин увеличились их размеры и рабочие скорости, произошло совмещение технологических операций, возросли информационные нагрузки, а возможности человека не изменились.

Большинство производственных процессов выполняется при агрегатировании оборудования сзади трактора, что требует от тракториста постоянного осуществления контроля за рабочими органами сзади, и при недостаточной обзорности вынуждает его постоянно оглядываться назад, а это отвлекает от основной работы и способствует утомлению и снижению внимания и как следствие к травматизму.

При проведении анализа производственного травматизма в сельскохозяйственном производстве при эксплуатации машинно-тракторный агрегатов выявлено, что данный травматизм чаще всего обусловлен недостаточной обзорностью.

Под обзорностью транспортного средства понимают его конструктивное свойство, определяющее объективную возможность для водителя сельскохозяйственной машины беспрепятственно видеть путь движения и объекты, которые могут помешать безопасному движению. Обзорность же ограничивается конструктивными особенностями кабины.

Она определяется в первую очередь такими факторами, как размеры окон и размещение тракториста относительно их, ширина и расположение стоек кабины размеры зон, очищаемых стеклоочистителями, обогрева и обдува стекол, а также заднего обзора. Максимальная высота верхней ограничивает верхний предел обзорности. Переднее окно не высоким, так как в противном случае водитель будет страдать от света и тепловых лучей, что наблюдается при верхнем угле обзорности свыше  $30^\circ$ . Обзорность непосредственно перед трактором, т.е. нижний угол обзорности, определяется длиной и высотой капота, а также нижней кромкой переднего окна. Кроме того, она зависит от расположения глаз человека над дорогой.

Параметры, характеризующие обзорность кабины в горизонтальной плоскости, определяются углами видимости с места водителя, ограниченными в поле зрения соответственно правой и левой стойками кабины трактора. При управлении трактором стойка может оказаться, или постоянно находиться в поле зрения, что при определенных условиях приводит к значительному ухудшению восприятия трактористом объектов и областей окружающего пространства. Контуры, ограничивающие целесообразные величины максимальных углов видимости в горизонтальной плоскости, определяются соответствующими частями резервной рабочей зоны в поле зрения механизатора. Оптимальное расположение - когда образуемая стойкой «мертвая зона» совпадает с началом нерабочей зоны поля зрения. Такое расположение обеспечивает для механизатора уверенное восприятие максимально возможной по величине области окружающего пространства. Удовлетворительное расположение определяет границы допустимого отклонения углового положения стойки от оптимального, величина которого не приводила бы к значительному ухудшению условий видимости с рабочего места. Для стойки кабины удовлетворительным можно считать такое расположение, когда образуемая «слепая зона» пространственно располагается в пределах вспомогательной рабочей зоны поля зрения. Иногда, при выполнении производственного задания, водитель вынужден разместиться в кабине так, что вынужденное положение стойки кабины может значительно ухудшить условия видимости с места механизатора [2].

Для снижения производственного травматизма в сельскохозяйственном производстве при эксплуатации машинно-тракторных агрегатов необходимо найти пути совершенствования обзорности.

Для определения травмоопасных зон, а также получения информации о возможном нахождении людей в радиусе работы техники, есть необходимость разработки и установки приборов (оборудования), которые заблаговременно будут оповещать тракториста-машиниста о возникновении такой ситуации.

В процессе выполнения работы перед трактористом-машинистом стоят как минимум две задачи: одна – контроль за движением машинно-тракторного агрегата, другая – контроль за работой прицепного и навесного оборудования. Первая задача требует достаточной видимости и внимания в направлении движения машинно-тракторного агрегата, а вторая – обзорности и внимания сзади и сбоку от агрегата.

Установка технологии LIDAR приведет к уменьшению времени реагирования тракториста-машиниста на возникновение препятствий на траектории движения транспортного средства.

Технический результат заключается в размещении конструкции устройства для определения уменьшения «мертвых зон» обзора тракториста – машиниста машинно-тракторного агрегата. При возникновении препятствий по ходу движения трактора, плата управления будет передавать сигнал на мобильное устройство в кабине тракториста-машиниста по средствам технологии Wi-Fi.

Лидар (англ. Light Detection and Ranging «обнаружение и определение дальности с помощью света») – технология измерения расстояний путем излучения света (лазер) и замера времени возвращения этого отражённого света на приёмник. Предлагается устанавливать под передними фонарями и на платформу установки задних фонарей.

Дальномер LIDAR (Benewake TF02-Pro) присоединяется к плате управления Arduino Uno. Для синхронизации работы 4-х лидаров будет достаточно одной платы управления с модулем Wi-Fi.

LIDAR (Benewake TF02-Pro) действует по принципу оптического радара: устройство пускает в среду световой луч в невидимом диапазоне, а затем засекает время возврата отражения, из чего можно определить дистанцию до ближайшего объекта. То есть, перед нами времяпролётный датчик дистанции (Time-of-flight, он же ToF) с инфракрасным вертикально-излучающим лазером (VCSEL) с длиной волны 850 нм.

В отличие от прочих датчиков пространства, LIDAR обладает увеличенной рабочей дистанцией и успешно справляется с внешней засветкой

до 100 тысяч люкс, что соответствует уличной освещённости в ясный солнечный день. Вместе с тем, он не подходит для детекции светопоглощающих и прозрачных объектов, а плохо отражающие объекты (< 10 %) сенсор видит не дальше 13,5 метров.

LIDAR не боится засветки солнцем, а скорость реакции у них выше, чем у ультразвуковых датчиков. Используя LIDAR в качестве датчика пространства, можно видеть препятствия на сравнительно большой дистанции. Разные модели отличаются дальностью работы и степенью защиты. Модификации в герметичном корпусе позволяют работать при любых погодных условиях.

Такое оснащение позволяет повысить безопасность условий труда, предотвращать травмирование работников.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранов Ю.Н., Пантюхин П.А., Шкрабак Р.В., Брагинец Ю.Н., Шкрабак В.С. Теория и практика охраны труда в АПК: Монография. – СПб, 2015. – 744 с., с. 138–144.

2. Гаркуша А.В. Снижение риска травматизма оператора технических средств в агропромышленном комплексе / А.В. Гаркуша, Т.В. Севастюк, Е.С. Андрухович // Перспективы развития технического сервиса в агропромышленном комплексе : научно-практическая конференция, 26 января 2024 года / ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ, 2024 – 208–210 с.

## REFERENCES

1. Baranov Yu.N., Pantyukhin P.A., Shkrabak R.V., Braginetz Yu.N., Shkrabak V.C. Theory and practice of labor protection in the agro-industrial complex: Monograph. – St. Petersburg, 2015. – 744 p., p. 138–144.

2. Garkusha A.V. Reducing the risk of injury to the operator of technical equipment in the agricultural sector / A.V. Garkusha, T.V. Sevastyuk, E.S. Andrukhovich // Prospects for the development of technical services in the agro-industrial complex: scientific and practical conference, January 26, 2024 / Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Chuvash State Agrarian University, 2024 – 208–210 p.

# ДИАГНОСТИКА МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА И СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ

Научная статья

УДК 629.11

## ЭКСПРЕСС-ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ МОТОРНОГО МАСЛА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

*А.А. Абакаров, Ш.М. Игитов, Ш.Д. Гечекбаев*

Махачкалинский филиал МАДИ, г. Махачкала, Республика Дагестан

**Аннотация:** в настоящее время актуальной является задача по оптимизации интервалов обслуживания автомобилей для различных условий эксплуатации. Для этого необходимы исследования по обоснованию периодичности ТО через временный интервал. При этом, для различных элементов автомобиля интервалы обслуживания (период, пробег) могут отличаться. Использование современных средств диагностики (внешних и встроенных) позволяет оценить техническое состояние агрегатов, узлов и эксплуатационных материалов и выполнять регламентные работы, в частности, замену масла, по реальному состоянию, а не по пробегу или временному интервалу. Это способствует повышению ресурса агрегатов и экономии финансовых средств за счет оптимизации интервала обслуживания автомобилей.

**Ключевые слова:** легковые автомобили, сервисная книжка, периодичность, сложные условия, оптимизации интервала обслуживания, экспресс-диагностика масла.

Original article

## EXPRESS DIAGNOSTICS OF THE ENGINE OIL CONDITION AUTOMOTIVE ENGINES

*A.A. Abakarov, Sh.M. Igitov, Sh.D. Gechekbayev*

Makhachkala branch of MADI, Makhachkala, Republic of Dagestan

**Annotation:** at present is a very urgent task to optimize vehicle maintenance intervals for different operating conditions. This requires a study on the justification of periodicity then after a time interval. Thus, for any vehicle service intervals elements (period mileage) may vary. The use of modern diagnostic tools (external and built-in) to evaluate the technical condition of machines, components and consumables and to perform routine maintenance, such as oil change, for real state and not on mileage or time interval. This increases the life of aggregates and financial savings due to optimization of vehicle maintenance interval.

**Keywords:** cars, service book, frequency, complex conditions, optimize service intervals, rapid diagnosis oil.

Регламент технического обслуживания разработан и направлен на то, чтобы обеспечить поддержание важнейших эксплуатационных свойств автомобиля на заданном уровне, а также максимальной экономичности, надежности и долговечности автомобиля. Для уточнения регламента технического обслуживания, который должен учитывать конкретные особенности эксплуатации автомобиля, рекомендовано обратиться к официальному дилеру. В регламенте ТО автомобиля ВАЗ-2170 Лада Приора указано: «завод изготовитель рекомендует заменять масло в двигателе и масляный фильтр через 15 тыс. км пробега или 1 год эксплуатации (в зависимости от того, что наступит раньше). При частых поездках на небольшие расстояния и, если ваш автомобиль эксплуатируется в тяжелых условиях, рекомендуется заменять масло и фильтр через 7–10 тыс. км» [2]. Основным аргументом корректирования интервала ТО – это некачественное топливо, плохое качество дорог, загрязненный воздух (пыль), повышенная атмосферная коррозия и т.д.

Факторы, влияющие на состав моторного масла и соответственно, на периодичность замены масла:

1. Пробег и техническое состояние двигателя.
2. Интенсивность эксплуатации автомобиля.
3. Манера вождения автомобиля.
4. Сезонное время эксплуатации автомобиля (зима или лето).
5. Качество (марка) моторного масла.
6. Качество топлива.

Качество масла напрямую может увеличить не только срок службы двигателя, но и увеличить интервал между заменами вдвое. Если при использовании недорогого минерального масла замену рекомендуется через 5–7 тыс. км., то в случае с качественным дорогим, синтетическим маслом этот интервал составляет от 10 до 15 тыс. км. [1].

Следует отметить, что некачественное топливо – один из важных факторов, влияющих на интервал обслуживания. Кроме того, известно, что применение газового топлива на автомобилях увеличивает срок службы моторного масла, т.е. увеличивается периодичность замены масла, но ни в одной сервисной книжке автомобиля или руководстве по эксплуатации не указано, что при применении газового топлива интервал замены масла можно увеличить.

Для определения состояния масла и принятия решения о его замене необходимы встроенные (внутренние) или внешние средства диагностирования автомобиля, т.е. экспресс-диагностика состояния масла.

В чем сущность анализа масла? Это, прежде всего определение физико-химических параметров. Наиболее важные показатели – кинематическая и динамическая вязкость. По их значениям, маслу присваивается так называемый класс вязкости по SAE. Для исследования каждого из этих параметров существует своя установка. Кинематическая вязкость определяется с помощью термостатов ВИС-Т-05 (диапазон рабочих температур 20–100 °С, точность поддержания температуры  $\pm 0,01$  °С).

Другой, не менее важной характеристикой моторного масла является общее щелочное число, показывающее общую щелочность масла, вносимую моющими и диспергирующими присадками, которые обладают щелочными свойствами. Чем выше щелочное число, тем большее количество присадок содержится в масле.

Еще одним важным этапом является определение количества воды в пробе. Известно, что вода в нефтепродуктах не растворяется, но при определенных условиях (в частности, при нарушении технологии производства, хранения, транспортировки) возможно образование эмульсии, которая впоследствии весьма негативно сказывается на эксплуатационных характеристиках.

Также проводятся испытания по определению температуры вспышки пробы масла. Данный показатель характеризует пожароопасность масла и показывает присутствие летучих фракций в масле, которые быстро испаряются в работающем двигателе (расход масла на угар).

В наших климатических условиях, а особенно зимой, весьма остро встает вопрос сохранения маслом текучести при низких температурах, для чего производятся опыты по определению температуры застывания масла.

Важным свойством моторных масел является термоокислительная стабильность, т.е. стойкость моторного масла к образованию кислот и смол при высокой температуре.

Содержание в масле металло-продуктов износа деталей двигателя характеризует износостойкость деталей, эффективность средств очистки, включенных в систему смазки, противоизносные свойства масла и динамика их изменения в процессе работы. Для проверки содержания металлов в лабораториях используют атомно-абсорбционный спектрофотометр.

В настоящее время выпускаются различные приборы и стенды для проверки и оценки качества масла экспресс-методом.

Комплексная лаборатория OSA (рис. 1), которая включает четыре типа анализаторов, размещенных в компактном настольном корпусе (1 – оптический эмиссионный спектрометр – для определения металлов износа и деградации присадок; 2 – ИК-Фурье спектрометр – для определения содержания воды, топлива, степени окисления, нитрования, сажи; 3 – автоматический капиллярный вискозиметр с термостатированием до 100 °С – для определения вязкости при 40 °С и 100 °С и расчета индекса вязкости; 4 – автоматический счетчик частиц – для определения классов чистоты) [3].



Рисунок 1. Комплексная лаборатория OSA

Эмиссионный спектрометр. Оптико-эмиссионный спектрометр (OES) применяют для определения концентрации металлов и сравнения текущего результата с предыдущим измерением по конкретной точке контроля для вычисления степени износа (тренда).

ИК-Фурье спектрометр. ИК спектрометр определяет изменение физических параметров масел при их эксплуатации. Спектрометр позволяет определить содержание воды, примеси топлива, высокие концентрации натрия и калия и, следовательно, предупреждать утечки в топливной системе или системе охлаждения.

Автоматический вискозиметр. Автоматический вискозиметр может входить в состав OSA, хотя и при его отсутствии вязкость может быть получена расчетным методом на основании вязкости свежего масла и показаний ИК-спектрометра.

Вискозиметр позволяет измерить кинематическую вязкость капиллярным методом при двух температурах 40 °С и 100 °С и рассчитывает индекс вязкости по полученным данным.

Определение размеров частиц и классов чистоты. Особое значение класс чистоты жидкостей имеет для диагностики гидравлических жидкостей, трансформаторных масел.

Высокоточный портативный прибор ANALEXfdM, предназначенный для измерения концентрации металлических частиц износа в пробах масел и консистентных смазок. Заслуженно считается лучшим прибором для диагностики износа в различных машинах и механизмах. Позволяет механикам и технологам предприятий успешно контролировать оборудование и предотвращать аварийные ситуации, простои, подбирать марки масел и смазок и оптимизировать расход смазочных материалов (время измерения – 15 сек) [5].

Может быть легко использован как в лабораторных, так и в полевых условиях. Никакой пробоподготовки не требуется даже для консистентных смазок – пользователь отбирает пробу и помещает её в контейнер.

Мобильный центр диагностики масел и топлив. Представляет собой мобильный комплект оборудования, специально разработанный для контроля

промышленных транспортных и военных машин и механизмов (рис. 2). Точность контроля топлив и масел соответствует лабораторным анализам. Для разных типов масел выпускается в нескольких модификациях [4].

	<p><b>Приборы и тестеры, входящие в состав мобильного центра диагностики</b></p>	
	<p><b>Вязкость.</b> Электронный вискозиметр с нагревом. Вискозиметр имеет 3 режима для работы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Без нагрева с автоматической коррекцией к 40 °С для масел.</li> <li>2) С нагревом пробы до 40 °С для дизельных топлив и масел.</li> <li>3) С нагревом пробы до 50 °С для мазута.</li> </ol> <p>Характеристики:          Диапазон измерения: 20–810 сСт (с нагревом);          Погрешность: ±3 %.</p>	
	<p><b>Кислотное число.</b> Электронный тестер кислотного числа TAN. Характеристики:          Диапазон: 0 – 3 /0–6 КОН/г;          Время измерения: 2 минуты;          Точность: ±0,2 TAN.</p>	
	<p><b>Вода в масле.</b> Электронный тестер для топлив и масел. Характеристики:          Диапазон измерения: 0–2,5 %, 0–6000 ppm, 0–3000 ppm;          Точность: ±0,1 % при диапазоне 0–2,5 % и ±100 ppm при диапазоне 0–6000 ppm;          Время измерения: 3 минуты.</p>	
	<p><b>Механические загрязнения.</b> Электронный тестер загрязнения масел. Характеристики:          Диапазон: 0–3,5 % w/w (IP 316), 0–1,75 % (soot index);          Время измерения: 20 сек;          Точность: ±0.1 w/w.</p>	
	<p><b>Общее щелочное число.</b> Электронный тестер для топлив и масел. Характеристики:          Диапазон измерения: 5–99 TBN;          Точность: ±5 %;          Время измерения: 2 минуты.</p>	

Рисунок 2. Мобильный центр диагностики масел и топлив

Исследования показывают, что определяющими факторами работоспособности (долговечности) масла является качество масла, т.е. производитель масла, а также условия эксплуатации.

В заключение следует отметить, что оптимизация интервалов обслуживания легковых автомобилей для различающихся условий эксплуатации и регламентные работы ТО (в частности, замена масла) по потребности, т.е. по состоянию узлов или эксплуатационных материалов, позволит повысить ресурс агрегатов и снизить расходы на эксплуатацию транспорта.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оптимизация периодичности технического обслуживания современных легковых автомобилей. Абакаров А.А. Журнал «Автотранспортное предприятие», №7, 2015 г.

2. Регламент технического обслуживания ВАЗ-2170 Лада Приора. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://mypriora.com/reglament-to/> (дата обращения: 16.11.23).

3. Комплексная лаборатория для анализа масла OSA. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://diamas.ru/osa/> (дата обращения: 19.11.23).

4. Портативные экспресс лаборатории. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.diamas.ru/parametri/water/portlab/> (дата обращения: 19.11.23).

5. ANALEXfdM для масел и консистентных смазок. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://diamas.ru/workingfluid/oil/#secmenu> (дата обращения: 19.11.23).

## REFERENCES

1. Optimization of the frequency of maintenance of modern passenger cars. Abakarov A.A. Journal "Motor transport enterprise", No. 7, 2015.

2. Maintenance regulations for VAZ-2170 Lada Priora. [Electronic resource] – Access mode: [http://mypriora.com/reglament-to /](http://mypriora.com/reglament-to/) (date of access: 11/16.23).

3. A comprehensive laboratory for the analysis of OSA oil. [Electronic resource] – Access mode: [http://diamas.ru/osa /](http://diamas.ru/osa/) (date of access: 11/19/2013).

4. Portable express laboratories. [Electronic resource] – Access mode: [http://www.diamas.ru/parametri/water/portlab /](http://www.diamas.ru/parametri/water/portlab/) (date of access: 11/19/2013).

5. ANALEXfdM for oils and greases. [Electronic resource] – Access mode: <http://diamas.ru/workingfluid/oil/#secmenu> (date of request: 11/19.23).

Научная статья

УДК 330.34

## **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ НАЛИЧИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ В САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Д.Н. Гиляжева, И.Ю. Каневская*

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

**Аннотация:** в статье рассматривается анализ динамики наличия сельхозмашин в Саратовской области, при этом уточнены количественные изменения сельскохозяйственной техники за последние 6 лет. А также представлены объемы поставок сельскохозяйственной техники на внутренний рынок отечественными производителями в 2022 и 2023 годах.

**Ключевые слова:** сельскохозяйственная техника, тракторы, комбайны, Саратовская область, наличие, поставки.

Original article

## **THE CURRENT STATE OF THE AVAILABILITY OF AGRICULTURAL MACHINERY IN THE SARATOV REGION**

*D.N. Gilyazheva, I.Y. Kanevskaya*

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

**Abstract:** the article examines the analysis of the dynamics of the availability of agricultural machinery in the Saratov region, while clarifying the quantitative changes in agricultural machinery over the past 6 years. The volume of deliveries of agricultural machinery to the domestic market by domestic manufacturers in 2022 and 2023 is also presented.

**Keywords:** agricultural machinery, tractors, combines, Saratov region, availability, supplies.

Парк сельскохозяйственной техники Саратовской области в современное время достаточно уверенно обслуживает весь процесс технологического возделывания сельскохозяйственных культур. Однако, в условиях амортизации износ техники конечно же присутствует и возникает необходимость проводить исследование движения сельскохозяйственной техники.

В условиях импортозамещения российские производители сельскохозяйственных машин, такие как «Ростсельмаш», «Красноярский завод комбайнов», «Агротехмаш», «Кировский завод», «Брянсксельмаш» уверенно поставляют всю необходимую технику для производства продукции растениеводства.

На рис. 1 представлено производство сельскохозяйственной техники в России за 2022 и 2023 годы.

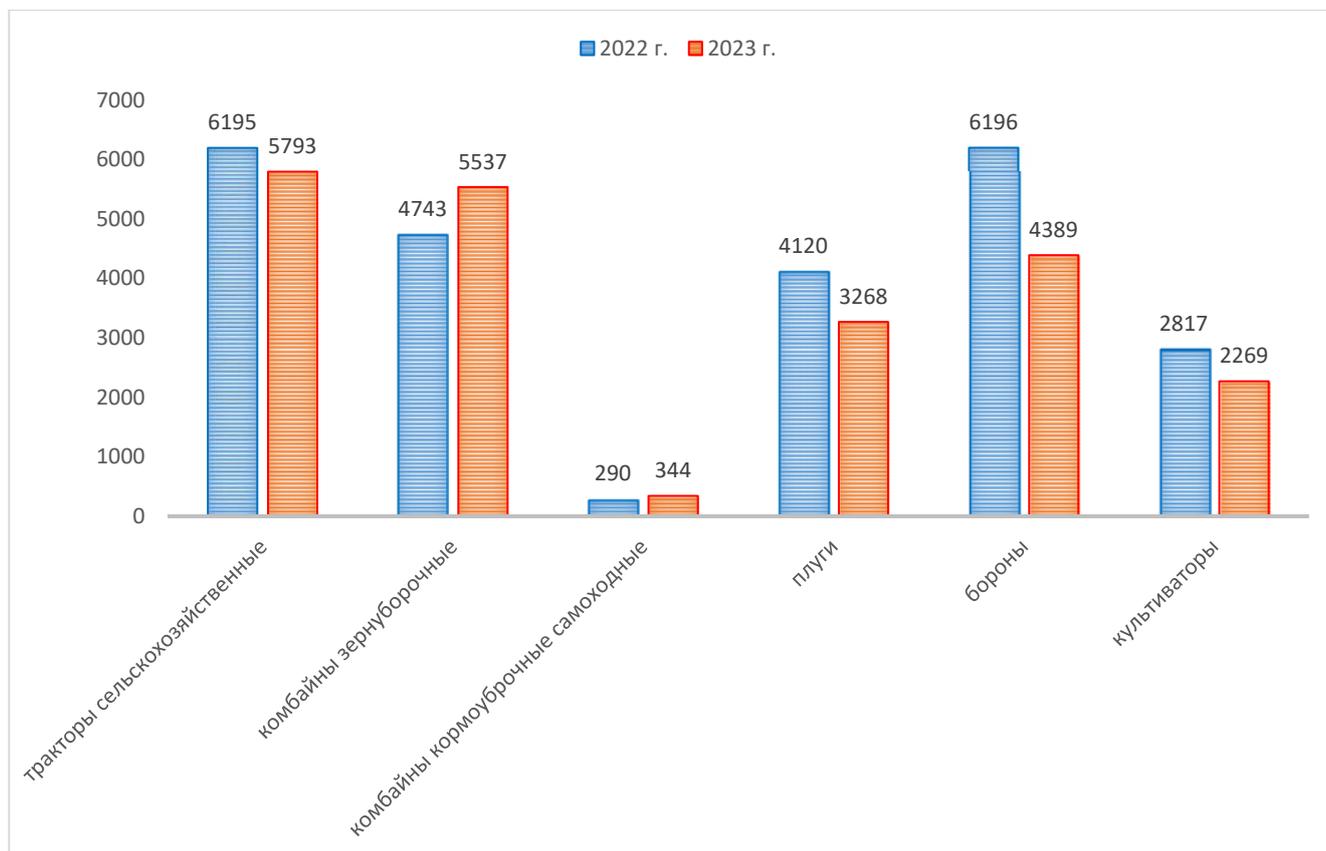


Рисунок 1. Производство сельскохозяйственной техники в России, шт. [1]

По данным представленного рисунка наглядно видно, что в России в 2023 году было произведено меньше сельскохозяйственных машин, чем в 2022 году. Так, тракторов поставлено 5793 шт., что на 6,5 % ниже уровня 2022 года; плугов (-20,7 п.п.); борон (-29,2 п.п.); культиваторов (-19,5 п.п.). Увеличение поставок отмечается лишь по комбайнам зерноуборочным и кормоуборочным на 16,7 п.п. и 18,6 п.п. соответственно.

Объемы производства сельхозмашин на российском рынке в немалой степени зависят от финансового положения потенциальных покупателей, то есть сельскохозяйственных организаций. 2022 год для аграриев характеризуется низкими ценами на сельхозпродукцию и экспортными пошлинами на зерно. В связи с этим, финансовое положение сельхозтоваропроизводителей ухудшилось и соответственно сократились поставки сельхозмашин на внутренний рынок. Но несмотря на снижение производства сельскохозяйственных машин в России, сложилась ситуация, когда предложение сельхозтехники значительно превышает спрос.

Саратовские сельскохозяйственные организации несмотря на необходимость приобретения удобрений, горюче-смазочных материалов, семян, обслуживание кредитов, постоянно пополняют парки сельхозтехники. Так, в 2022 году аграриями приобретено 525 тракторов, 225 комбайнов и более 1500 единиц прочего сельскохозяйственного оборудования на общую сумму более 12,7 млрд. рублей. По лизингу поставлено 695 единиц техники. С начала 2023 года в область поставлено 165 тракторов, 65 комбайнов и более 400 единиц прочего сельскохозяйственного оборудования на общую сумму более 3,8 млрд. рублей. По лизингу поставлено 233 единицы техники.

Саратовская область одна из лидеров по приобретению сельхозтехники в Российской Федерации. Основным драйвером роста являются льготные программы Росагролизинга, направленные на модернизацию парка техники. Сельхозтоваропроизводители области приняли активное участие в так называемой антивирусной программе АО «Росагролизинг» [2].

Проведем исследование наличия сельскохозяйственной техники в Саратовской области.

Таблица 1. Наличие сельскохозяйственной техники в сельскохозяйственных организациях Саратовской области, шт. [3]

Показатели	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Отклонение: +, -
Тракторы	6374	6236	5847	5953	5953	6102	-272
Плуги	2115	2172	2109	2231	2298	2352	237
Бороны	34327	33047	31526	30469	28544	27142	-7185
Культиваторы	3675	3650	3522	3629	3608	3689	14
Машины для посева	4184	4121	3947	4081	4149	4226	42
Косилки	444	454	443	452	452	491	47
Грабли тракторные	173	171	170	193	186	183	10
Пресс-подборщики	380	384	385	404	420	431	51
Жатки валковые	1022	1077	1062	1159	1179	1221	199
Комбайны зерноуборочные	1926	1948	1846	1930	1908	1990	64
Комбайны кормоуборочные	124	106	104	100	103	104	-20
Свеклоуборочные машины	12	12	12	15	15	18	6
Дождевальные, поливные машины и установки	464	440	474	515	566	660	196
Разбрасыватели твердых минеральных удобрений	160	169	171	218	210	227	67
Машины для внесения в почву органических удобрений:							
твердых	19	18	25	27	30	31	12
жидких	24	31	29	41	52	59	35
Опрыскиватели и опыливатели тракторные	442	464	463	547	585	585	143

По данным таблицы видно, что наличие сельскохозяйственной техники в сельскохозяйственных организациях в Саратовской области за анализируемый период, конечно же изменилось. Но хотелось бы отметить, что по некоторым категориям, количественные изменения незначительные. Так, наличие граблей тракторных и свеклоуборочных машин повысилось на 10 и 6 шт. соответственно.

Значительная положительная динамика наличия сельскохозяйственной техники за 2018–2023 гг. прослеживается по таким категориям как: плуги (+237 шт.), пресс-подборщики (+51 шт.), жатки валковые (+199 шт.), культиваторы (+14 шт.), машины для посева (+42 шт.), комбайны зерноуборочные (+64 шт.), дождевальные, поливные машины и установки (+196 шт.), разбрасыватели твердых минеральных удобрений (+67 шт.), машины для внесения в почву органических удобрений: твердых (+12 шт.) и жидких (+35 шт.), опрыскиватели и опыливатели тракторные (+143 шт.).

Существенное уменьшение количества сельскохозяйственной техники в 2023 году по сравнению с 2018 годом отмечается по таким категориям как: тракторы (-272 шт.), бороны (-7185 шт.), комбайны кормоуборочные (-20 шт.).

Таким образом, на основе анализа поступления и наличия сельскохозяйственной техники в Саратовской области можно сделать вывод, что количественные и качественные показатели состава парка сельхозмашин стабилизируются, наблюдается в общем положительная динамика в современном состоянии сельскохозяйственной техники в регионе.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильюшенков Д, Волобуев А. Производство сельхозтехники в денежном выражении в 2023 году выросло на 8% [Электронный режим доступа] : <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2024/01/31/1017808-proizvodstvo-selhoztehniki-v-denezhnom-virazhenii>.

2. Саратовская область одна из лидеров по приобретению сельхозтехники в Российской Федерации [Электронный режим доступа] : [https://www.minagro.saratov.gov.ru/development/index.php?ELEMENT\\_ID=997](https://www.minagro.saratov.gov.ru/development/index.php?ELEMENT_ID=997).

3. Федеральная служба государственной статистики [Электронный режим доступа] : [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Nalich\\_texniki\\_2023.xlsx](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Nalich_texniki_2023.xlsx).

## REFERENCES

1. Ilyushenkov D, Volobuev A. Production of agricultural machinery in monetary terms increased by 8 % in 2023 [Electronic access mode] : <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2024/01/31/1017808-proizvodstvo-selhoztehniki-v-denezhnom-virazhenii>

2. Saratov region is one of the leaders in the purchase of agricultural machinery in the Russian Federation [Electronic access mode] : [https://www.minagro.saratov.gov.ru/development/index.php?ELEMENT\\_ID=997](https://www.minagro.saratov.gov.ru/development/index.php?ELEMENT_ID=997).

3. Federal State Statistics Service [Electronic access mode] : [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Nalich\\_texniki\\_2023.xlsx](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Nalich_texniki_2023.xlsx).

Научная статья  
УДК 629.113.539.538

## МЕТОДОЛОГИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РЕСУРСА ОДНОИМЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В СОСТАВЕ АГРЕГАТА

*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:** рассматриваются методы прогнозирования ресурса автотракторных агрегатов и систем по результатам диагностирования. Отмечены сложности в формировании заключения о техническом состоянии и остаточном ресурсе кривошипно-шатунного механизма двигателя, главной передачи ведущих мостов, в составе которых функционируют детали одинакового названия (одноименные) с отличающимися структурными показателями в их сопряжениях. Предложена методология решения задачи по повышению точности прогнозирования индивидуального ресурса подобных агрегатов, учитывающая неравномерность технического состояния их одноименных элементов. Обоснован критерий оценки технического состояния совокупности одноименных элементов с неравномерным износом, определены зависимости его изменения в процессе эксплуатации и предложены средства для диагностирования отдельных звеньев кривошипно-шатунного механизма.

**Ключевые слова:** одноименные детали, износ, неравномерность, прогнозирование, ресурс, двигатель, кривошипно-шатунный механизм.

Original article

## RESOURCE FORECASTING METHODOLOGY ELEMENTS OF THE SAME PART OF THE UNIT

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

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

**Abstract:** methods for predicting the service life of automotive units and systems based on diagnostic results are considered. Difficulties are noted in forming a conclusion about the technical condition and residual life of the engine crank mechanism, the main transmission of drive axles, which contain parts of the same name (of the same name) with different structural indicators in their interfaces. A methodology is proposed for solving the problem of increasing the accuracy of predicting the individual resource of such units, taking into account the uneven technical condition of their elements of the same name. The criterion for assessing the technical condition of a set of elements of the same name with their uneven wear is

substantiated, the dependencies of its changes during operation are determined, and means are proposed for diagnosing individual links of the crank mechanism.

**Key words:** parts of the same name, wear, unevenness, forecasting, resource, engine, crank mechanism.

**Введение:**

В автотракторной технике на долю ДВС приходится свыше 20 % отказов, связанных с кривошипно-шатунным механизмом (КШМ), ремонт которого относится к категории наиболее трудоемких и материально затратных. Снизить расходы на обеспечение работоспособности ДВС возможно, если своевременно выполнить предупредительный ремонт КШМ по результатам диагностирования, определив его остаточный ресурс, поскольку эта заключительная операция считается активным инструментом в системе эффективного управления технической эксплуатацией автотракторных средств (АТС).

**Методика исследований:**

Известные методы прогнозирования ресурса [1–4] агрегатов АТС основаны на кумулятивных моделях (рисунок 1). Эти математические модели получены аппроксимацией экспериментальных данных интервальных изменений технического состояния множества однотипных АТС по мере выработки ими ресурса.

Прогнозирование ресурса этими методами осуществляют по среднестатистическому изменению диагностического параметра в процессе эксплуатации (рисунок 1); ими также назначают средний или гамма-процентный ресурс  $L_\gamma$  с заданной вероятностью  $\gamma$ , выраженной в процентах (от 80 до 95)

$$P(L_\gamma) = 1 - \frac{\gamma}{100}, \tag{1}$$

где  $P(L)$  – вероятность безотказной работы.



Рисунок 1. Виды и методы прогнозирования ресурса агрегатов АТС

Более точное прогнозирование осуществляется по частной реализации [3] параметра (рисунок 1, правая ветвь) – это предсказание межремонтного или остаточного ресурса элемента АТС на будущее, зная его определенное состояние на момент диагностирования. Например, об остаточном ресурсе КШМ наиболее часто судят по значению давления моторного масла в смазочной системе ДВС по известной зависимости его снижения от зазора  $S$  в коренных и шатунных подшипниках коленчатого вала по пробегу  $l$  [1, 5]

$$S = S_0 + \nu \cdot l^n, \quad (1)$$

где  $S$  – текущее значение зазора при пробеге  $l$ ;

$S_0$  – значение структурного параметра после этапа приработки,  $l = 0$ ;

$\nu$  – скорость изменения  $S$  при единичной наработке  $l = 1$ , в  $n$  раз уменьшенная;

$n$  – показатель степени, определяющий трибологические и иные свойства взаимодействия сопряженных деталей, для подшипников  $n = 1,4 \dots 1,5$  [2].

При установленных нормативных значениях предельного структурного параметра  $S_{\Pi}$  и количественных трибологических показателей  $\nu$ ,  $n$  в формуле (1), полный ресурс  $l_{\Pi}$  объекта диагностирования, в приведенном примере – подшипников КШМ, определяется [3]

$$l_{\Pi} = \sqrt[n]{(S_{\Pi} - S_0) / \nu}, \quad (2)$$

а остаточный ресурс

$$l_{ост} = l_i \{ \sqrt[n]{[(S_{\Pi} - S_0) / (S_i - S_0)]} - 1 \}, \quad (3)$$

где  $S_i$  – значение измеренного диагностического параметра при пробеге  $l_i$ .

Однако изложенная методология прогнозирования остаточного ресурса по (3) дает удовлетворительную точность только при наличии идентичных показателей износа подшипников коленчатого вала для всей совокупности одноименных звеньев КШМ конкретного ДВС, поскольку значение предельного структурного параметра  $S_{\Pi}$  определено среднестатистической величиной из отдельных индивидуальных их реализаций в подконтрольной группе однотипных АТС одной даты выпуска. То есть, применимость метода частной реализации по среднестатистическим параметрам (рисунок 1) ограничивается прогнозированием ресурсных возможностей элементов АТС простой структуры – на уровне отдельных сопряжений в автономно работающих узлах или одинаковых структурных показателей одноименных сопряжений в составе агрегата.

Практика показывает, что в гарантированном большинстве сложных технических систем АТС (ДВС, коробки передач, ведущие мосты) одноименные сопряжения и сборочные единицы в их составе имеют различную интенсивность изнашивания и износ не только среди совокупности одной модели агрегатов, но и в конкретно взятом единичном экземпляре. Для одноименных сопряжений ДВС коэффициент вариации износа превышает  $\nu = 0,5$  [1, 2, 3, 5, 6]. По этой причине для агрегатов АТС, в состав которых входят одноименные элементы, известные методы прогнозирования всех разновидностей ресурса по ГОСТ Р 27.102-2021 (рисунок 1) дают значительные погрешности, достигающие 50 %, о чем свидетельствуют данные работ [2, 3].

Выполненный комплекс работ показал, что низкая точность существующих методик прогнозирования ресурса агрегатов с неравномерным износом одноименных деталей в их составе обусловлена:

во-первых, рассмотренной выше методологией назначения предельного норматива  $S_{л}$  диагностического параметра, не отвечающей принципу однородной выборки анализируемых сопряжений и экспериментально полученных данных их износа до предельного состояния, как совокупности одноименных элементов с идентичными начальными структурными параметрами в процессе производства АТС и режимами (нагрузочными, скоростными, тепловыми) эксплуатации в дальнейшем [5];

во-вторых, отсутствием средств диагностирования, позволяющих определить различие структурных параметров по одноименным сопряжениям в конкретном агрегате.

Приведенные обстоятельства определяют актуальность исследований по разработке новой методологии прогнозирования индивидуального ресурса сложных технических систем АТС, что и является целью статьи.

Предложенная новая методология прогнозирования индивидуального ресурса технических систем основана на теоретическом и экспериментальном обосновании:

зависимости значения предельного структурного (диагностического) параметра агрегата АТС от функциональной взаимосвязи и неравномерности износа его одноименных элементов, при достижении которого запас ресурса считается исчерпанным;

новых высокоточных встроенных средств поэлементного диагностирования одноименных механизмов в составе агрегата, осуществляющих непрерывный мониторинг их технического состояния с выводом информации о текущем состоянии на приборную панель водительской кабины.

### **Результаты исследований:**

По указанной первой задаче первоначально установлена аналитическая взаимосвязь показателя неравномерности значений структурных параметров в одноименных подшипниках коленчатого вала и элементах цилиндропоршневой группы (ЦПГ) с их ресурсом в процессе эксплуатации для индивидуально-конкретного ДВС. Теоретическая суть обоснования этой зависимости следующая.

При условии равномерно работающих цилиндров ДВС и наличии различий в значениях зазоров  $\Delta S_n$  в шатунных подшипниках коленчатого вала 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 структурных показателей износа в шатунных подшипниках после приработки;

$b_n$  – коэффициент интенсификации неравномерности изнашивания одноименных подшипников.

Из (1), зависимость неравномерности износа  $\Delta S_n$  шатунных подшипников от пробега  $l$  КШМ в ДВС из известного соотношения [1]

$$\Delta S_n = \frac{\alpha_{no}}{b_n} (e^{b_n l} - 1). \quad (2)$$

Поскольку условное приращение неравномерности интенсивности изнашивания шатунных подшипников после этапа приработки принимается неизменным, то есть  $\alpha_n=0$ , то взаимосвязь значений исходных показателей неравномерности зазоров  $S_{no}$  подшипников с  $\alpha_{no}$  и  $b_n$

$$S_{no} = \alpha_{no} / b_n,$$

следовательно (2) можно представить

$$\Delta S_n = S_{no} e^{b_n l} - S_{no}. \quad (3)$$

Так как в (3) значение  $S_n = \Delta S_n + S_{no}$  является прогнозируемым текущим значением неравномерности износа одноименных подшипников, то

$$S_n = S_{no} \cdot e^{b_n l}. \quad (4)$$

Аналитическая взаимосвязь (4) свидетельствует об экспоненциальном, прогрессивном росте исходной неравномерности зазоров в подшипниках, что подтверждено на рисунке 2 экспериментальными данными. Неравенство зазоров в подшипниках приводит к различным условиям их смазки: чем она больше, тем меньше ресурс их совместной работы [5].

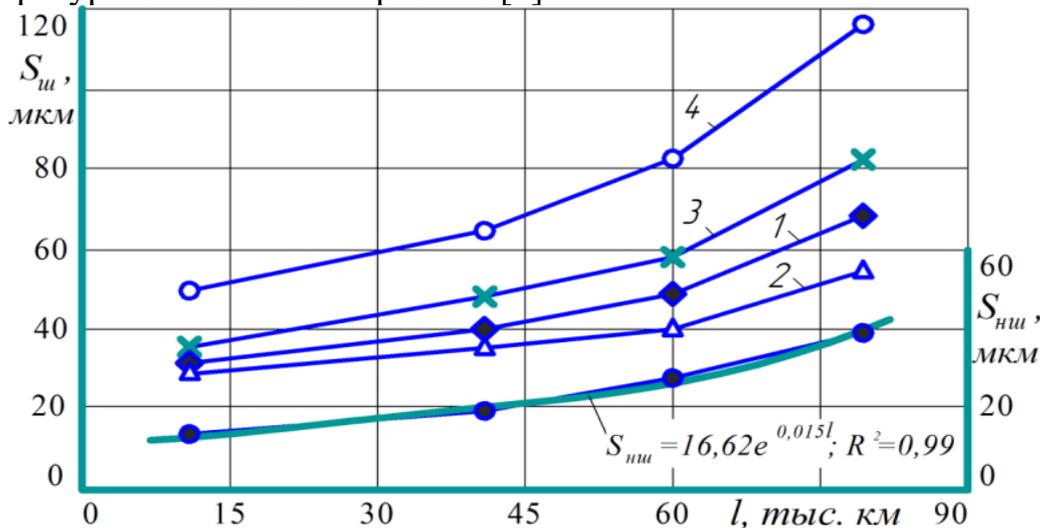


Рисунок 2. Взаимосвязь зазора  $S_{ш}$  с исходной неравномерностью  $S_{шш}$  в шатунных подшипниках ЗМЗ 4Ч 9,2/9,2 по пробегу  $l$ : 1...4 – номер подшипника

С учетом полученного значения неравномерности структурных параметров  $S_{no}$  величина предельного допустимого зазора в подшипниках КШМ на прогнозируемом межремонтном пробеге  $l$  будет уменьшаться от назначенного предельного значения  $S_n$  фирмой-производителем

$$S_{nn} = S_n - 0,5S_{no} e^{b_n l}, \quad (5)$$

а значение реализуемого ресурса

$$l_{pmin} = \frac{1}{b_n} \ln \left( \frac{S_n}{0,5S_{но}} \right). \quad (6)$$

В общем виде формула (6) реализуемого (остаточного) ресурса подшипников коленчатого вала

$$l_{pmin} = S_n / \alpha - (0,5S_{но} \cdot e^{b_n l}) / \alpha = l_{max} - B \cdot e^{b_n l}, \quad (7)$$

где  $l_{max}$  – максимально возможный технический ресурс (рисунок 1) подшипников КШМ при абсолютной идентичности значений исходных структурных параметров в них ( $S_{но}=0$ ), равных минимальной величине допуска на изготовление и сборку, и равномерно работающих цилиндрах ДВС;

$B = 0,5S_{но}/\alpha$  – коэффициент снижения ресурса подшипников от значения исходной неравномерности  $S_{но}$ .

Зависимость (7) экспериментально подтверждена (см. рисунок 3, по данным [7]): уменьшение значения коэффициента исходной неравномерности зазоров

$$E = \frac{S_{max}}{\bar{S}}.$$

С 1,32 до 1,03 в шатунных подшипниках ДВС 8Ч 9,2/8,0 увеличило их предельное значение зазора  $S_n$  с 218 до 275 мкм, а ресурс – на 26 %.

Закономерности (5) и (7) справедливы и для коренных подшипников двигателей, а также сопряжений ЦПГ. Например, зависимость значения предельного зазора в коренных подшипниках ДВС 8Ч 9,2/8,0 от коэффициента  $E_k$  экспоненциальная  $S_k = 500,3 \cdot e^{-0,63E_k}$  (коэффициент достоверности  $R^2 = 0,95$ ).

Для практической реализации предложенной методологии необходимо решение второй поставленной задачи в статье, а именно: создание новых высокоточных встроенных средств поэлементного диагностирования одноименных механизмов в составе агрегата.

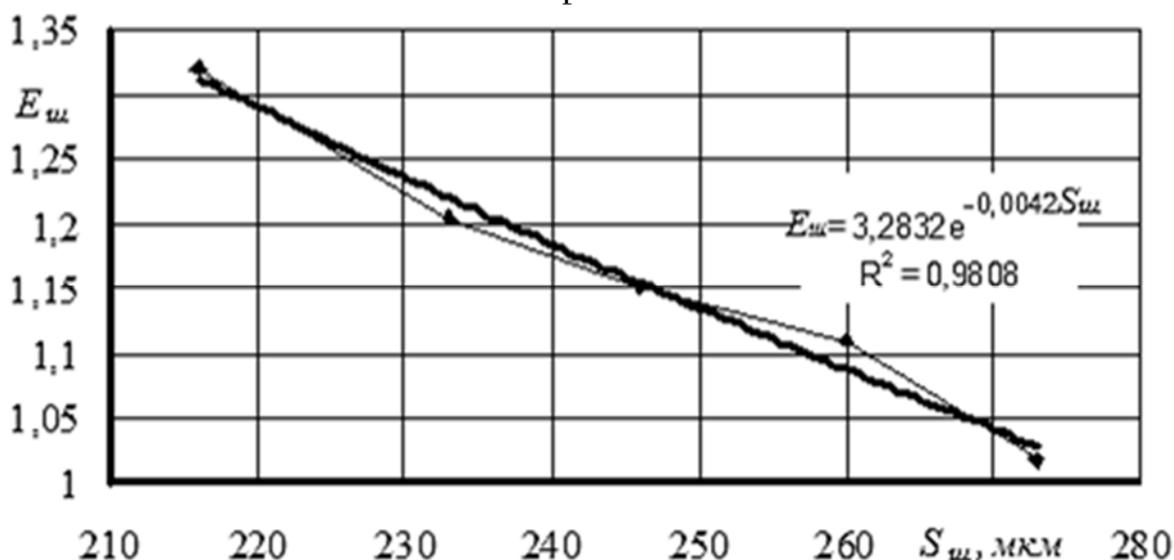


Рисунок 3. Зависимость значений коэффициента  $E_{ш}$  неравномерности с предельным их зазором  $S_{ш}$  для КШМ ЗМЗ 8Ч 9,2/8,0

На основании анализа известных методов определения технического состояния автомобильной и тракторной техники предложены способы и средства бестормозного диагностирования [5], в которых в качестве показателя количественной оценки неравномерности структурных параметров в одноименных элементах КШМ ДВС обоснован коэффициент неравномерности угловой скорости коленчатого вала

$$\delta = \frac{\omega_{\max} - \omega_{\min}}{\bar{\omega}}, \quad (8)$$

где  $\bar{\omega}$ ,  $\omega_{\max}$ ,  $\omega_{\min}$  – значения средней, максимальной и минимальной угловых скоростей.

Помимо коэффициента  $\delta$  (8), в разработанных и запатентованных способах поэлементной диагностики КШМ, физическая суть которых представлена в материалах [6], используются дополнительные параметры, измеренные в интервале углов  $\varphi$  поворота коленчатого вала, соответствующих рабочим тактам в цилиндрах (рисунок 4) при определенных скоростных, тепловых и нагрузочных режимах:

фазовые положения  $\varphi_{\omega_{\min}}$ ,  $\varphi_{\omega_{\max}}$  экстремальных значений соответствующих угловых скоростей;

значения амплитуд  $A_{\omega i} = \omega_{\max i} - \omega_{\min i}$  и ее отклонения по отдельным  $i$ -м цилиндрам.

При использовании этих диагностических параметров стало возможным количественно оценить неравномерность структурных параметров в одноименных сопряжениях КШМ, по которым в дальнейшем определяется предельно-допустимое значение зазора и, соответственно, остаточный ресурс подшипников коленчатого вала, который лимитирует ресурс ДВС.

Проведенные авторами исследования также свидетельствует о важности минимизации начальной неравномерности значений структурных параметров в одноименных подшипниках коленчатого вала, а также необходимости обеспечивать регулируемые параметрами систем питания и зажигания равномерность показателей рабочих процессов по цилиндрам ДВС.

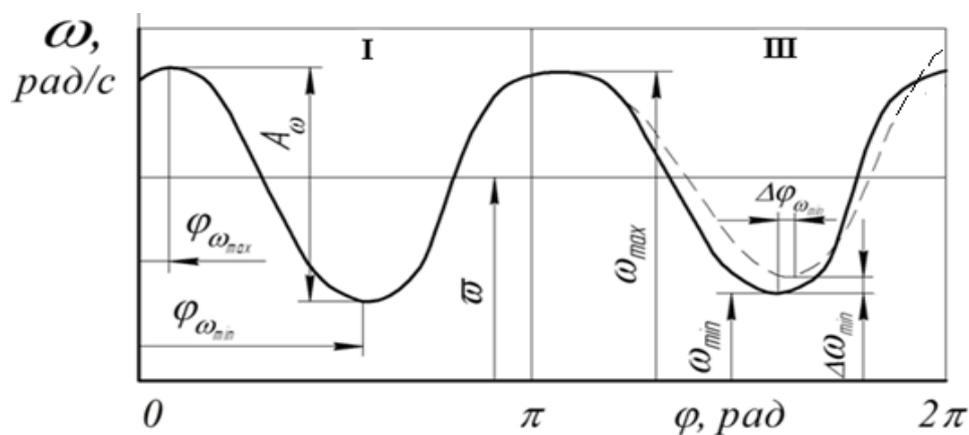


Рисунок 4. Диагностические параметры диаграммы угловой скорости  $\omega$  по углу  $\varphi$  поворота коленчатого вала 4-х цилиндрического ДВС: I, III – периоды рабочих тактов в 1 и 3-м цилиндрах (пунктиром показан пример изменения  $\omega = f(\varphi)$  от нарушенной компрессии в 3-м цилиндре)

### **Заключение:**

Разработанная методология прогнозирования ресурса агрегата (системы) АТС с функционально зависимыми одноименными элементами в их составе, реализующаяся через корректировочные зависимости значений предельного диагностического параметра от коэффициента неравномерности значений структурных параметров в одноименных элементах и новые способы поэлементного диагностирования КШМ, ЦПГ, позволяют повысить точность прогнозирования остаточного ресурса ДВС.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Авдонькин Ф.Н. Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей. М.: Транспорт, 1985. – 215 с.
2. Болдин А.П. Надёжность и техническая диагностика подвижного состава автомобильного транспорта / А.П. Болдин. – М.: МАДИ, 2010. – 206 с.
3. Болотин В.В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций / В.В. Болотин. – М.: Машиностроение, 1984. – 312 с.
4. ГОСТ Р 27.102-2021 Надёжность в технике. Надёжность объекта. Термины и определения. Дата введения 2022-01-01. – М.: ЗАО «НИЦ КД». 2021. – 46 с.
5. Гребенников С.А. Зависимость предельного структурного параметра в подшипниках коленчатого вала ДВС от неравномерности их состояний / С.А. Гребенников, А.С. Гребенников, А.В. Косарева // Мир транспорта и технологических машин, 2019. №3. – С. 9–16.
6. Гребенников С.А. Способ реализации динамического метода при диагностировании кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов ДВС / С.А. Гребенников, А.С. Гребенников, А.В. Рогожин // Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники: Матер. Междунар. научно-технического семинара имени В.В. Михайлова. Вып. 33 – Саратов: «Амирит», 2020. – С. 91–97.
7. Назаров А.Д. Дисбалансы автотракторных двигателей: определение и нормирование / А.Д. Назаров – М.: Машиностроение. 1992. – 272 с.

## REFERENCES

1. Avdonkin F.N. Theoretical foundations of technical operation of cars. M.: Transport, 1985. – 215 p.
2. Boldin A.P. Reliability and technical diagnostics of rolling stock of automobile transport / A.P. Boldin. – M.: MADI, 2010. – 206 p.
3. Bolotin V.V. Forecasting the service life of machines and structures / V.V. Bolotin. – M.: Mashinostroenie, 1984. – 312 p.
4. GOST R 27.102-2021 Reliability in technology. Reliability of the object. Terms and Definitions. Date of introduction 2022-01-01. – M.: ZAO “NIC KD”. 2021. – 46 p.
5. Grebennikov S.A. Dependence of the limiting structural parameter in the bearings of the crankshaft of an internal combustion engine on the unevenness of their states / S.A. Grebennikov, A.S. Grebennikov, A.V. Kosareva // World of transport and technological machines, 2019. No. 3. – pp. 9–16.
6. Grebennikov S.A. A method for implementing the dynamic method for diagnosing the crank and gas distribution mechanisms of internal combustion engines / S.A. Grebennikov, A.S. Grebennikov, A.V. Rogozhin // Problems of efficiency and operation of automobile and tractor equipment: Mater. Intl. scientific and technical seminar named after V.V. Mikhailova. Vol. 33 – Saratov: «Amirit», 2020. – P. 91–97.
7. Nazarov A.D. Imbalances of automobile and tractor engines: definition and standardization / A.D. Nazarov – M.: Mechanical Engineering. 1992. – 272 p.

Научная статья  
УДК 629.113.539.538

## МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ОДНОИМЕННЫХ МЕХАНИЗМОВ 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:** рассматриваются методологические особенности диагностирования одноименных механизмов в составе ДВС с отличающимися структурными показателями в их сопряжениях, а также основы прогнозирования их остаточного или межремонтного ресурса. Отмечены сложности в назначении их предельного структурного параметра для формирования окончательного заключения об их техническом состоянии при диагностировании ДВС. На примере одноименных звеньев кривошипно-шатунного механизма двигателя в статье приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований, позволяющие обосновать зависимость предельного структурного параметра от исходной неравномерности их значений в одноименных сопряжениях цилиндропоршневой группы и существенно повысить точность прогнозирования остаточного ресурса ДВС с помощью разработанных новых способов и средств их поэлементного диагностирования.

**Ключевые слова:** диагностирование, двигатель, одноименные детали, цилиндропоршневая группа, неравномерность, структурные параметры, остаточный ресурс.

Original article

## METHODOLOGICAL FEATURES OF DIAGNOSIS ICE MECHANISMS OF THE SAME NAME

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

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

**Abstract:** the methodological features of diagnosing mechanisms of the same name in internal combustion engines with different structural indicators in their interfaces are considered, as well as the basis for predicting their residual or overhaul life. Difficulties in assigning their limiting structural parameter to form a final conclusion about their technical condition when diagnosing internal combustion engines are noted. Using the example of the same links of an engine crank mechanism, the article presents the results of theoretical and experimental studies that make it possible to substantiate the dependence of the limiting structural parameter on the initial

unevenness of their values in the same connections of the cylinder-piston group and to significantly increase the accuracy of predicting the residual life of the internal combustion engine using the developed new methods and means of element-by-element diagnosing them.

**Keywords:** diagnostics, engine, parts of the same name, cylinder-piston group, unevenness, structural parameters, residual life.

### Введение:

Автомобильные транспортные средства (АТС) крайне важны для инфраструктур предприятия ввиду активного их участия в хозяйственных отраслях и пассажироперевозках. Исходя из статистики, на 1 января 2024 года в России зарегистрировано свыше 54 млн. автомобильных транспортных средств. Из этого парка АТС на легковые автомобили приходится более 81% (43,8 млн. ед.), легкую коммерческую технику – 9 % (4,9 млн.), на большегрузные грузовики и автобусы малого, среднего и большого классов – 8 % парка (около 4,3 млн.). Оставшаяся часть парка приходится на мотоциклы.

Обеспечением работоспособности автомобильной техники в процессе её эксплуатации в занято свыше 2,5 млн. человек, работающих в автотранспортных предприятиях (АТП) и станциях технического обслуживания (СТО). Одним из самых главных и сложных агрегатов в автомобиле является двигатель внутреннего сгорания (ДВС). Несмотря на постоянные совершенствования его конструкции основной причиной постановки отечественных и зарубежных АТС в ремонт являются отказы его механизмов и систем, составляющие более 21 % (рис. 1), на которые приходится до 40 % общей трудоёмкости ТР [1, 4] и требуется высокая квалификация персонала.

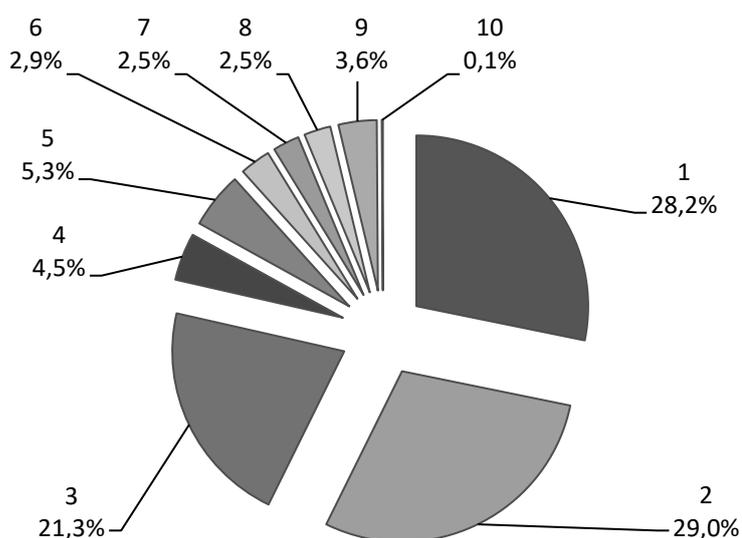


Рисунок 1. Доли отказов элементов АТС по данным фирмы ADAC-TruckService: 1 – колеса; 2 –электроприборы; 3 – ДВС; 4 – качество ТО; 5 – тормозные устройства; 6 – рулевое управление; 7 – трансмиссия; 8 – информационные каналы водителя; 9 –передняя ось и рама; 10 – холодильный агрегат прицепа

Структурная неравномерность отказов элементов ДВС легковых автомобилей, по данным статистики [1, 3], приведена на рисунке 2. Из рисунка видно, что наиболее существенные неисправности и отказы ДВС приходится на механизмы ГРМ, КШМ и ЦПГ, ремонт которых связан с полной разборкой двигателя. Для грузовых автомобилей и автобусов доля отказов ДВС выше (25 %), а в диаграмме структурной неравномерности на отказы КШМ и ЦПГ приходится до 40% [1, 2, 5].

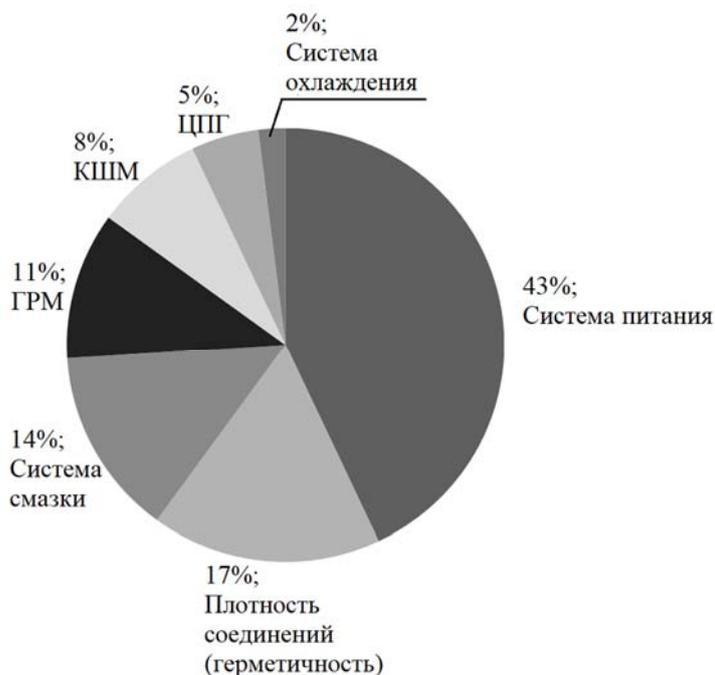


Рисунок 2. Диаграмма отказов и неисправностей по системам и механизмам ДВС

Приведенные цифры показывают важность внедрения средств контроля технического состояния автомобиля, не только с целью обеспечения высокого коэффициента технической готовности АТС, но и снижения убытков АТП, поскольку отказ ДВС на линии приводит к дополнительным расходам, связанным с перегрузкой (груза или пассажиров) и доставкой АТС к ремонтной базе. Опыт внедрения диагностики в АТП свидетельствует [1] о повышении ресурса (ДВС) – на 15...20 %, сокращении трудовых и материальных затрат на ТО, ТР, запасные части и топливо-смазочные материалы (ТСМ) до 8...12 %, повышении культуры труда ремонтно-технического персонала и значительном снижении экологического ущерба от эксплуатации автомобильного транспорта. Помимо этого, активно развивается и сам транспорт – внедряются новые способы непрерывного бортового контроля технического состояния автомобиля с использованием информационных систем, алгоритмов, методов и средств диагностирования.

Однако, несмотря на большие достижения в области развития средств диагностики, по-прежнему актуальны исследования способов отдельного определения технического состояния одноименных звеньев КШМ и ЦПГ в составе ДВС. Важность этого направления обусловлена тем, что от

неравномерности их технического состояния зависит, как было отмечено выше, ресурс ДВС и другие технико-экономические показатели. Поэтому при постановке диагноза об остаточном ресурсе ЦПГ по параметрам компрессии должны учитываться индивидуальные её значения  $P_{ci}$  по каждому  $i$ -му цилиндру и показатель её неравномерности  $\Delta P_c = P_{c \max} - P_{c \min}$ , который для ДВС, работающих на бензине, не должен превышать 0,07 МПа, в дизельных – 0,15 МПа [1, 4].

При сравнении диагностических параметров  $P_{ci}$  и  $\Delta P_c$  именно показатель неравномерности компрессионных свойств ( $\Delta P_c$ ) цилиндров оказывает наибольшее влияние на ресурс ДВС. Длительными эксплуатационными исследованиями установлено: увеличение исходной неравномерности компрессии по цилиндрам  $\Delta P_c$  с 0,03 до 0,06 МПа снижает ресурс двигателя ЗМЗ 4Ч 9,2/9,2 до первого текущего ремонта с заменой компрессионных колец и гильз цилиндров на 25...30 % [2]. Это объясняется различием давления топливовоздушной смеси в конце такта сжатия в цилиндрах ДВС, определяющем показатели неравномерности интенсивности изнашивания сопряжений ЦПГ и других деталей кривошипно-шатунного механизма, из-за увеличивающейся пульсации картерных газов, изменяющей условия смазки в одноименных сопряжениях [3].

По этим причинам в условиях эксплуатации АТС необходим контроль технического состояния одноименных элементов ЦПГ ДВС с определением показателя неравномерности компрессионных свойств по цилиндрам.

Цель статьи – аналитическое представление зависимости ресурса ЦПГ от неравномерности значений компрессионных свойств в цилиндрах и обоснование способа её определения.

#### **Методика исследований:**

Доказанный экспоненциальный рост интенсивности изнашивания элементов ЦПГ на длительном периоде эксплуатации [3] обуславливает и непрерывное увеличение неравномерности значений износа одноименных сопряжений ЦПГ

$$S_n = S_{n0} \cdot e^{b_n l}, \quad (1)$$

где  $S_{n0}$  – значение исходной неравномерности структурного показателя по сопряжениям ЦПГ;

$b_n$  – значение коэффициента интенсификации по неравномерности изнашивания сопряжения «гильза цилиндра – компрессионное кольцо поршня».

Исходя из зависимости (1) реализуемый ресурс  $l_{\text{рцпг}}$  ЦПГ будет уменьшаться не пропорционально исходной неравномерности  $S_{n0}$  и интенсивности изнашивания  $\alpha$ , а по нарастающей экспоненте

$$l_{\text{рцпг}} = S_n / \alpha - (0,5 S_{n0} \cdot e^{b_n l}) / \alpha = l_{\max} - B \cdot e^{b_n l}, \quad (2)$$

где  $l_{\max}$  – потенциальный ресурс ЦПГ при равенстве в них исходных структурных параметров среди одноименных сопряжений по всем цилиндрам, то есть при  $S_{n0} = 0$ ;

$B = 0,5 S_{n0} / \alpha$  – коэффициент снижения ресурса ЦПГ от значения неравномерности исходных зазоров  $S_{n0}$  или рабочих параметров, например,  $\Delta P_c$ .

Следовательно, только идентичные показатели подачи топлива и параметров рабочего тела в такте сжатия всех цилиндров определяют равномерность хода ДВС и степень приближения фактического рабочего процесса в цилиндрах к теоретически возможному по эффективности, что положительно сказывается на интенсивности изнашивания одноименных сопряжений ЦПГ, КШМ и, соответственно, на реализуемом ресурсе ДВС.

По экспериментальным данным [3], подтверждающим зависимость (2), снижение коэффициента неравномерности зазора в элементах ЦПГ двигателей ЗМЗ 8Ч 9,2/8,0 со значения  $E_{\text{ц}} = 1,6$  до 1,06 (с  $\Delta P_{\text{с}}$  с 0,06 до 0,03 МПа) способствовало увеличению предельного зазора в их сопряжениях от 132 до 175 мкм, а ресурса – на 32,8 % (рис. 3).

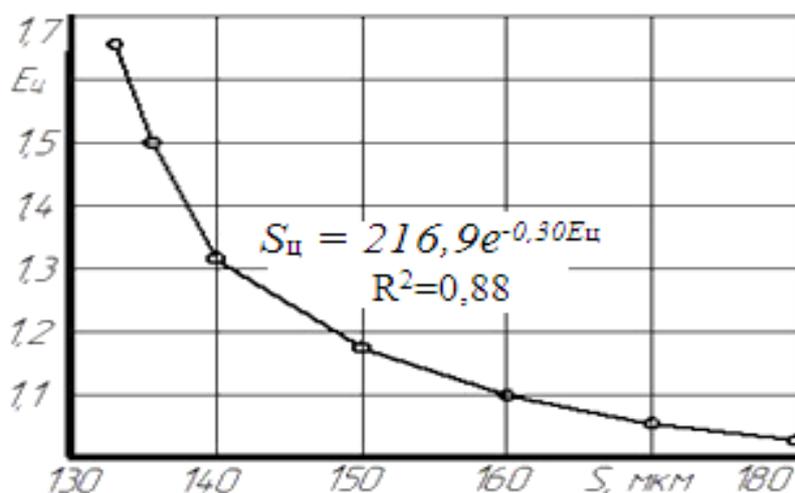


Рисунок 3. Зависимость предельного зазора  $S_{\text{ц}}$  между гильзой цилиндра и юбкой поршня от коэффициента неравномерности их зазоров  $E_{\text{ц}}$  во всей ЦПГ ДВС 8Ч 9,2/8,0

При этом зависимость предельного зазора  $S_{\text{мц}}$  между гильзой цилиндра и юбкой поршня от коэффициента неравномерности зазоров  $E_{\text{ц}}$  по всем сопряжениям в цилиндрах двигателя 8Ч 9,2/8,0 (см. рис. 3) – экспоненциальная

$$S_{\text{мц}} = 4,15 \cdot e^{-0,008E_{\text{ц}}}, R^2 = 0,90.$$

Реализация разработанной методологии прогнозирования остаточного ресурса возможна только при наличии новых высокоточных способов и средств поэлементного диагностирования одноименных элементов в составе ДВС, позволяющих прогнозировать их остаточный ресурс и, соответственно, двигателя АТС. Такие способы и устройство для их реализации разработаны и опубликованы в [2], физическая суть которых основана на принципе Д'Аламбера [2, 5] и поясняется следующими доводами.

При вращении коленчатого вала двигателя, работающего на одном цилиндре в отсутствие сгорания рабочей смеси в других цилиндрах с крутящим моментом  $M$ , вследствие отклонений мгновенного значения момента сопротивления  $M_{\text{сф}}$  от среднего его значения  $M_{\text{с}}$  на тактах сжатия – расширения в цилиндрах возникает периодическое изменение угловой скорости  $\omega$  вала по углу его поворота  $\varphi$  (рис. 4)

$$M_{c\varphi} = J\omega \cdot \frac{d\omega}{d\varphi} + \frac{dJ}{d\varphi} \cdot \frac{\omega^2}{2}, \quad (3)$$

где  $J$  – момент инерции вращающихся и поступательно движущихся масс ДВС, приведенный к оси коленчатого вала.

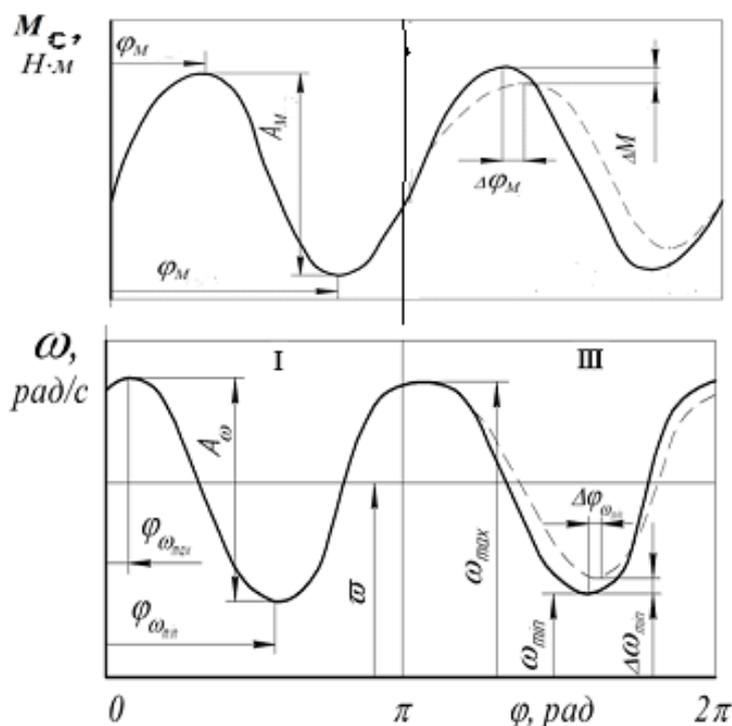


Рисунок 4. Изменение составляющей момента сопротивления  $M_c$  и показателей неравномерности угловой скорости  $\omega$  по углу поворота  $\varphi$  коленчатого вала 4-х цилиндрического ДВС с номинальной (—) и уменьшенной (---) компрессией в III цилиндре

При равномерных рабочих процессах в цилиндрах, осуществляющих такты сжатия, характер изменения крутящего момента и угловой скорости будет близок к идентично повторяющемуся (на рисунке 2 показан сплошной линией) и иметь одинаковые значения амплитуд  $A_{\omega i} = \omega_{\text{max}i} - \omega_{\text{min}i}$  колебаний, избыточных работ  $A_{\text{изб.р}} = J_n(\omega_{\text{max}i}^2 - \omega_{\text{min}i}^2)/2$  на участках разгона и соотношения работ разгона и выбега ( $A_{p_i}/A_{v_i}$ ) по каждому цилиндру.

Снижение компрессии в одном из цилиндров ДВС вызывает уменьшение  $M_c$  и соответственно участка убывания угловой скорости (замедление), её амплитуды изменения (на рис. 2 показано пунктирной линией). В свою очередь, сжатые газы в этом цилиндре производят меньшую работу по разгону приведенных масс двигателя на начальном интервале такта расширения (ускорение), что также отразится на значениях  $M_{c\varphi}$  и, соответственно, экстремуме угловой скорости и фазовом его сдвиге  $\Delta\varphi_{\text{min}}$  относительно нормативных показателей, которые также являются диагностическими параметрами.

Поскольку чередование одноименных тактов по цилиндрам четырехцилиндрового ДВС происходит через  $180^\circ$  ( $\pi$  рад), а начало измерений  $\omega$  совпадает с ВМТ опорного I-го цилиндра в конце такта «сжатие», то интервал  $\varphi = 0 - \pi$  на диаграмме (см. рис. 4) соответствует такту «расширение» I цилиндра,  $\pi - 2\pi$  – III цилиндра и так далее, определяя характер изменения угловой скорости по углу поворота коленчатого вала  $\omega = f(P_c)$ .

#### **Результаты исследований:**

По внутрицикловой характеристике изменения угловой скорости коленчатого вала определяют показатели компрессионных свойств цилиндров:

- относительную неравномерность как отношение разности между максимальным и минимальным значениями одноименных экстремумов угловой скорости ( $\omega_{\max}$  либо  $\omega_{\min}$ ) к её среднему значению  $\bar{\omega}$

$$\delta_k = \frac{\omega'_{\max} - \omega'_{\min}}{\bar{\omega}}, \quad (4)$$

где  $\omega'_{\max}$ ,  $\omega'_{\min}$  – соответственно, максимальное и минимальное значение экстремумов угловой скорости в пределах кинематического цикла ДВС;

- отдельных цилиндров – по значениям амплитуд  $A_\omega$  колебаний угловой скорости, избыточных работ  $A_{изб.p}$  на участках разгона и соотношения работ разгона и выбега ( $Ap_i/Av_i$ ) в пределах углов от  $\varphi_{\omega\max}$  до  $\varphi_{\omega\min}$  поворота коленчатого вала (см. рис. 4), соответствующих значениям диапазонов тактов сжатия ( $Av_i$ ) и расширения  $Ap_i$  рабочей смеси в цилиндрах. Дополнительным диагностическим параметром компрессионных свойств цилиндров являются значения фазовых смещений экстремумов угловых скоростей  $\Delta\varphi_{\min}$  и  $\Delta\varphi_{\max}$ .

#### **Заключение:**

Точность рассмотренного динамического метода определения технического состояния каждого цилиндра по компрессии выше всех известных, так как диагностирование осуществляется при стабильных значениях частоты вращения и теплового состояния одноименных деталей ЦПГ. Он может быть реализован унифицированным устройством встроенной диагностики ДВС АТС, в которых имеются электронные средства выключения из работы цилиндров.

Реализация данного способа диагностирования ЦПГ применительно к 6 и 8-ми цилиндровым ДВС осуществляется при работе двигателя на двух цилиндрах. Методика оценки компрессионных свойств цилиндров и прогнозирования остаточного ресурса ДВС при этом остаётся прежней.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Болдин А.П. Надёжность и техническая диагностика подвижного состава автомобильного транспорта: теоретические основы / А.П. Болдин, В.И. Сарбаев – М.: Изд-во МАДИ, 2010. – 206 с.

2. Гребенников С.А. Обоснование динамического способа диагностирования цилиндропоршневой группы ДВС / Гребенников С.А., Гребенников А.С., Киселев Г.О., Рогожин А.В. // Актуальные вопросы технической эксплуатации и автосервиса подвижного состава автомобильного транспорта: Сб. науч. тр. по матер.81-ой научно-методической и научно-исследовательской конференции МАДИ – М.: ТЕХПОЛИГРАФ-ЦЕНТР, 2023. – С. 128–135.

3. Гребенников С.А. Особенности неравномерного изнашивания подшипников коленчатого вала ДВС / Гребенников С.А., Гребенников А.С., Киселев Г.О. и др. // Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники: Матер. Междунар. научно-технического семинара имени В.В. Михайлова, посвященного 110-летию Вавиловского ун-та. – Вып. 36. – Саратов: Амирит, 2023. – С. 227–235.

4. Ларин О.Н. Результаты диагностирования цилиндропоршневой группы способом оценки динамической компрессии / Ларин О.Н., Куков С.С., Гриценко А.В., Глемба К.В. АПК России. 2016. Т. 23. № 3. С. 619–625.

5. Луканин В.Н. Двигатели внутреннего сгорания: в 3 кн. Кн. 2 Динамика и конструирование / В.Н. Луканин, И.В. Алексеев, М.Г. Шатров и др. – М.: Высш. шк., 2005. – 400 с.

## REFERENCES

1. Boldin A.P. Reliability and technical diagnostics of rolling stock of automobile transport: theoretical foundations / A.P. Boldin, V.I. Sarbaev – M.: Publishing house MADi, 2010. – 206 p.

2. Grebennikov S.A. Justification of the dynamic method for diagnosing the cylinder-piston group of internal combustion engines / Grebennikov S.A., Grebennikov A.S., Kiselev G.O., Rogozhin A.V. // Current issues of technical operation and service of rolling stock of road transport: Sat. scientific tr. based on the materials of the 81st scientific-methodological and research conference MADi – M.: TECHPOLYGRAPH-CENTER, 2023. – P. 128–135.

3. Grebennikov S.A. Features of uneven wear of internal combustion engine crankshaft bearings / Grebennikov S.A., Grebennikov A.S., Kiselev G.O. and others // Problems of efficiency and operation of automotive vehicles: Mater. Intl. scientific and technical seminar named after V.V. Mikhailov, dedicated to the 110th anniversary of Vavilov University. – Vol. 36. – Saratov: Amirit, 2023. – P. 227–235.

4. Larin O.N. Results of diagnosing the cylinder-piston group by assessing dynamic compression / Larin O.N., Kukov S.S., Gritsenko A.V., Glemba K.V. Agroindustrial complex of Russia. 2016. T. 23. No. 3. P. 619–625.

5. Lukanin V.N. Internal combustion engines: in 3 books. Book 2 Dynamics and design / V.N. Lukanin, I.V. Alekseev, M.G. Shatrov and others – M.: Higher. school, 2005. – 400 p.

Научная статья

УДК 621.899

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОЦЕНКЕ СОСТАВА МАСЛА ДЛЯ КОНСЕРВАЦИИ ДВС ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

*Д.Н. Жерновников, В.С. Вязинкин, А.В. Забродская*

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

**Аннотация:** представлены результаты экспериментальных исследований по разработке и краткой оценке состава масла для консервации двигателей комбайнов в период межсезонного хранения. Изучен и исследован состав масла на базе глубокоочищенного отработанного моторного масла. Определена рациональная концентрация компонентов, способствующая минимизировать процессы коррозии, снизить затраты на получение консервационного продукта, уменьшить затраты на материалы.

**Ключевые слова:** двигатель, моторное масло, коррозия, защита, консервация, испытания.

Original article

## RESEARCH RESEARCH ASSESSMENT COMPOSITION OF OIL FOR PRESERVATION OF ICE OF GRAIN HARVESTERS

*D. Zhernovnikov, V. Vyazinkin, A. Zabrodskaya*

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

**Abstract:** the results of experimental studies on the development and brief assessment of the composition of oil for preserving combine engines during off-season storage are presented. The composition of oil based on deeply purified used motor oil has been studied and investigated. A rational concentration of components has been determined to help minimize corrosion processes, reduce the cost of obtaining a conservation product, and reduce the cost of materials.

**Keywords:** engine, motor oil, corrosion, protection, preservation, testing.

### **Введение:**

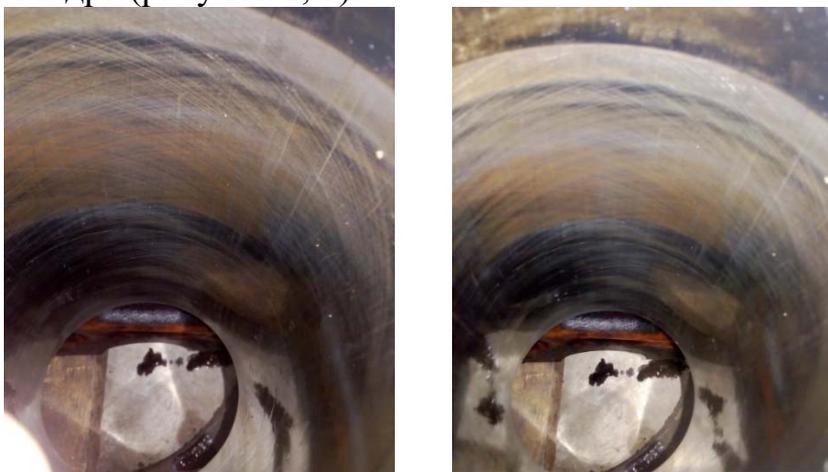
На сегодняшний день разработано достаточно большое количество масел и смазок, используемых для консервации деталей ДВС.

При этом в сельскохозяйственном производстве при постановке зерноуборочных комбайнов на межсезонное хранение практически не используются специальные материалы и масла. После завершения уборочных работ моторные масла из двигателей не сливаются, не производится герметизация полостей ДВС. Перед началом нового сезона работы комбайнов не всегда проводят замену масла [1, 2, 3].

Моторное масло в процессе простоя техники при перепаде температур окружающей среды, взаимодействуя с кислородом воздуха, изменяет свои свойства. Присутствующие в работавших маслах загрязнения оседают, образуя осадок как в картере, так и в масляных каналах [4, 5, 6, 7].

Вместе с тем сложившаяся ситуация отказа от проведения технологических операций подготовки техники к хранению, содержит в себе скрытые процессы начальной стадии коррозии и интенсификации износа деталей ДВС в период последующего использования комбайнов.

Образовавшиеся начальные мельчайшие следы коррозии на поверхностях гильз цилиндров являются в дальнейшем причиной образования раковин, интенсификации износа с последующим дорогостоящим ремонтом двигателя [8, 9]. Так при проведении ремонтных работ ДВС в АО пз «Пригородный» Тамбовского района, после его разборки зафиксирован характерный «налет» на стенках гильз цилиндров (рисунок 1, а), способствующим образованию раковин на зеркале цилиндра (рисунок 1, б).



а) следы коррозии на стенках гильз цилиндров



б) образующиеся в процессе эксплуатации раковины на зеркале цилиндра, как следствие работы двигателя со следами первоначальной коррозии

Рисунок 1. Внешний вид новообразований и последствия отказа от проведения операции защиты техники от коррозии при постановке на хранение и последующей эксплуатации

Известно, что для консервации и защиты сельскохозяйственной техники от коррозии широко применяется отработанное моторное масло. При чем, по данным ФГБНУ ВНИИТиН, чем больше степень загрязнения моторных масел смолами, тем больший эффект проявляет масло и составы на его основе.

Данный подход к использованию отработанных масел в качестве компонента рабоче-консервационного, консервационного масел пока не нашел применения для трущихся деталей в силу высокой степени загрязненности. При этом отработавшее уборочный период моторное масло содержит значительное количество присадок, в том числе и антиокислительных, антикоррозионных.

#### Методика исследований:

ФГБНУ ВНИИТиН проведены исследования по определению элементного, рационального состава рабоче-консервационного масла на основе очищенных, работавших в двигателе моторных масел М-10Г<sub>2</sub> и М-10ДМ. В качестве компонентов, повышающих защитные, противокоррозионные, антиокислительные свойства рассмотрены рапсовое масло, пушечная смазка.

При проведении исследований, за эталон принято рабоче-консервационное масло КИ-17. Исследования проводились в лабораторных условиях ФГБНУ ВНИИТиН на моторных маслах, слитых из картеров двигателей комбайнов «Полесье» после наработки 150...200 часов и очищенных по разработанному способу.

В качестве одного из компонентов рассматривалось рапсовое масло. Рапсовое масло подвергалось предварительной полимеризации. Для этих целей в ёмкость заправлялось рапсовое масло 1 литр и проводился его нагрев. Время процесса полимеризации составляло 24 часа. При этом контролировалось изменение вязкости и кислотного числа масла.

#### Результаты исследований:

Установлено, что вязкость изменялась в зависимости от выдержки при температуре 110...120 °С (рисунок 2). По достижении значения 20 мм<sup>2</sup>/с, процесс увеличения вязкости замедлялся. Из анализа (линия 1) можно сделать вывод, что время полимеризации (нагрева) целесообразно ограничить 20 часами.

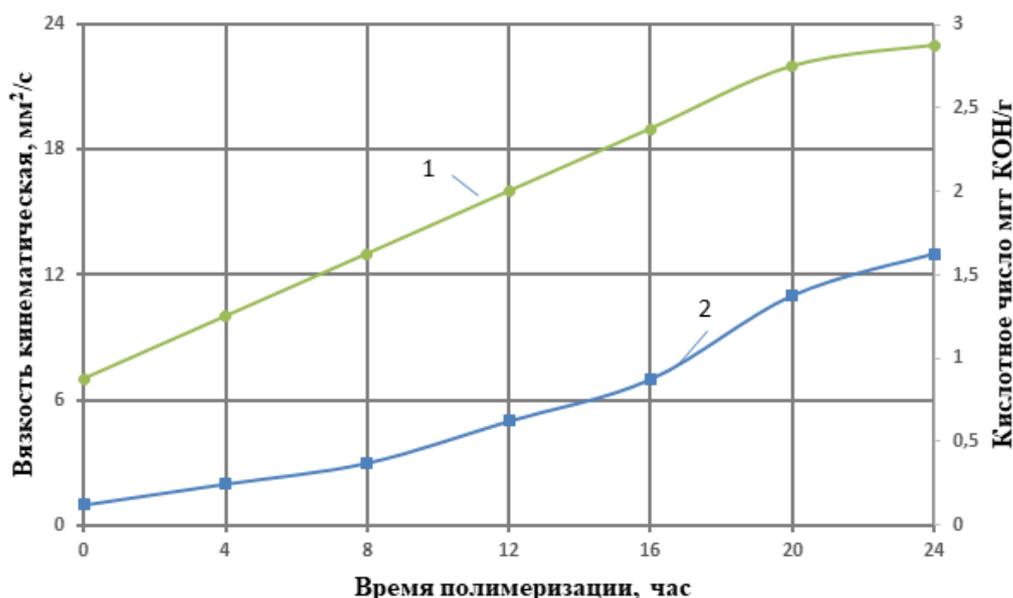


Рисунок 2. Зависимость изменения вязкости (1) и кислотного числа (2) рапсового масла от времени нагрева (полимеризации)

В процессе нагрева в рапсовом масле наблюдался рост кислотного числа масла с 0,3 мг КОН/г до 1,5 мг КОН/г (линия 2). С учётом того, что полимеризованное рапсовое масло должно прежде всего участвовать в формировании масляной плёнки, её толщины при незначительной концентрации добавки в масляную основу (очищенное моторное масло) кислотное число может незначительно влиять на снижение окислительных свойств рабоче-консервационного масла.

Полученное полимеризованное рапсовое масло вносилось при температуре 80 °С в очищенные образцы моторных масле М-10Г<sub>2</sub> и М-10ДМ в концентрации 3, 6, 9, 12 %, при этом контролировалось изменение вязкости базового масла и его кислотного числа. Установлено (рисунок 3), что внесение полимеризованного рапсового масла в моторные масла позволяет увеличить их вязкость, соответственно, с 12 мм<sup>2</sup>/с до 15–16 мм<sup>2</sup>/с и с 16 мм<sup>2</sup>/с до 19 мм<sup>2</sup>/с. При этом наблюдался незначительный рост кислотного числа.

В первом приближении можно утверждать, что внесение полимеризованного рапсового масла способствует увеличению толщины масляной пленки при не значительном росте кислотного числа.

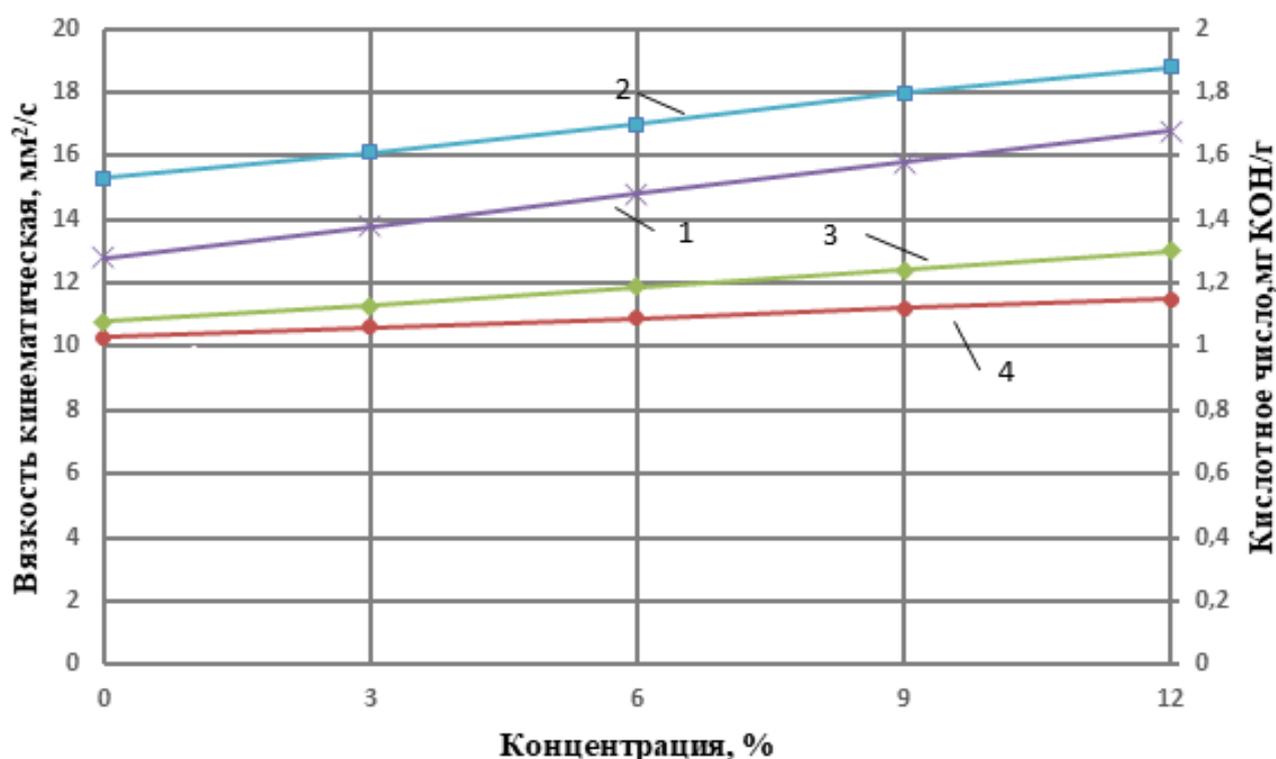


Рисунок 3. Зависимость изменения вязкости и кислотного числа масла М-10Г<sub>2</sub> и М-10ДМ от концентрации добавки полимеризованного рапсового масла: 1 – масло М-10Г<sub>2</sub> (вязкость); 2 – масло М-10ДМ (вязкость); 3 – масло М-10ДМ (кислотное число); 4 – масло М-10Г<sub>2</sub> (кислотное число)

Толщину формируемой масляной пленки на металлической поверхности оценивают гравиметрическим методом. Данный метод является приближенным и не дает полной характеристики смазывающих свойств масел.

На следующем этапе в качестве доступного элемента, входящего в состав рабоче-консервационного масла, рассматривалась пушечная смазка.

Пушечная смазка (ПВК) ГОСТ 19537-83 представляет собой нефтяное масло, загущённое петролатумом и церезином, содержащее антикоррозионную присадку. Пушечная смазка имеет температуру каплепадения 60 °С, смазка обладает одним из самых высоких пределов прочности. Известно большое количество смазочных композиций для защиты техники от коррозии, в состав которых в качестве ингибитора коррозии входит пушечная смазка [10].

Пушечная смазка представляет собой пластичную консистенцию и не может смешиваться с маслами без определенных воздействий. Для смешивания ПВК отбиралась проба очищенного моторного масла в объёме 3 литра. Масло нагревалось до 80 °С и в него добавлялась пушечная смазка массой 300 граммов. Далее смесь перемешивалась, при этом температура смеси повышалась до 100 °С.

Перемешивание проводилось в течение 20 минут до полного равномерного растворения смазки в масле. Равномерность растворения смазки в масле оценивалась визуально под микроскопом. Полным растворением считалось отсутствие в масле видимых конгломератов.

Полученная таким образом смесь вносилась в очищенное масло с полимеризованным рапсовым маслом в концентрации 3 %, 6 %, 9 % при температуре нагрева масла 80 °С. На рисунке 4 представлена зависимость изменения вязкости масла М-10ДМ с добавкой полимеризованного рапсового масла, обогащенного концентратом пушечной смазки в масле в соотношении 3%, 6 %, 9 % масс. (Патент № 2779026).

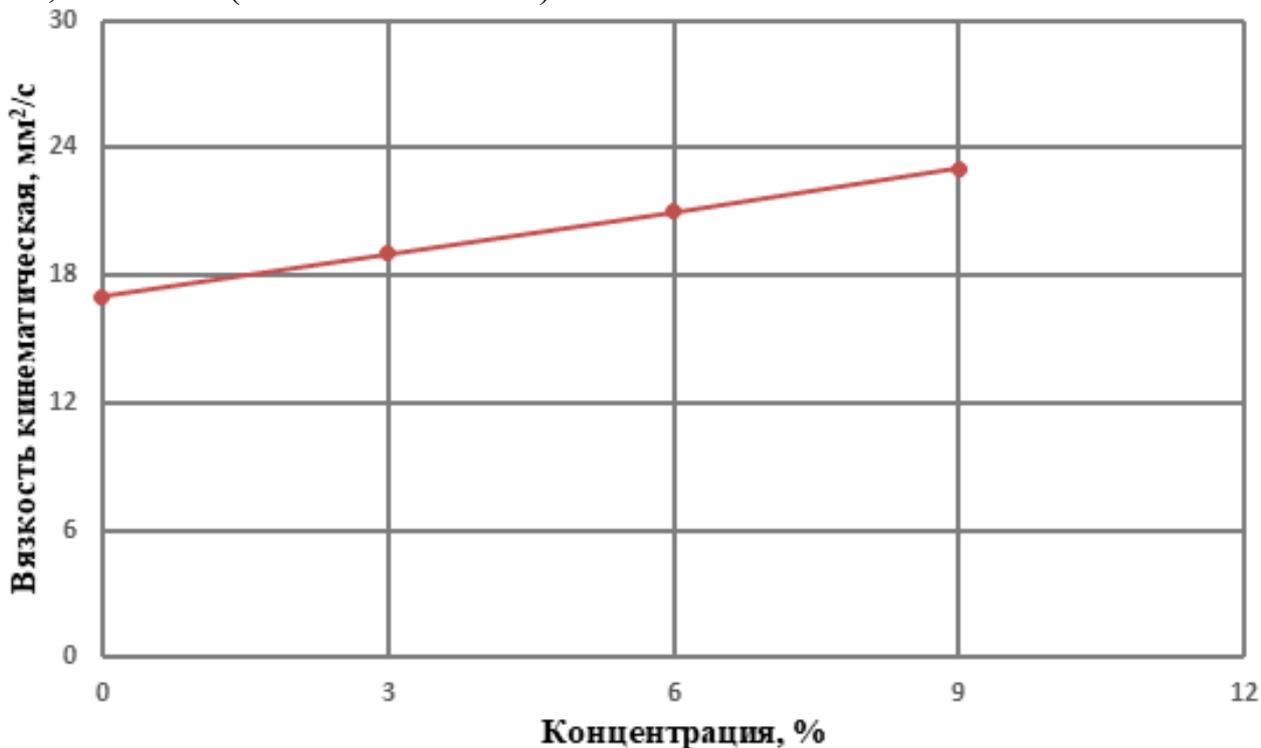


Рисунок 4. Зависимость изменения вязкости масла М-10ДМ с добавкой полимеризованного рапсового масла (6 %) от концентрации внесения раствора пушечной смазки в масле

Вязкость состава разработанного масла на основе очищенного масла М-10ДМ более  $20 \text{ мм}^2/\text{с}$ , что может положительно влиять на формирование защитной пленки на поверхности металла. При проведении исследований рассматривался процесс осадкообразования в подготовленном составе рабоче-консервационного масла на основе очищенного моторного масла с добавками. Подготовленные составы масел выдерживались в течение 72 часов при комнатной температуре.

Через каждые 24 часа из ёмкости сливалось масло. Образующийся осадок, его консистенция определялась визуально, а толщина слоя измерялась с помощью щупа с делениями. Установлено, что и в масле М-10Г<sub>2</sub> с добавками полимеризованного рапсового масла и концентрата масляной добавки на основе пушечной смазки и в масле М-10ДМ с теми же добавками (6 % масс каждой) величина слоя осадка составляла после приготовления и первых 24 часов отстаивания не более 1 мм. Далее осадок практически не изменялся (рисунок 5).

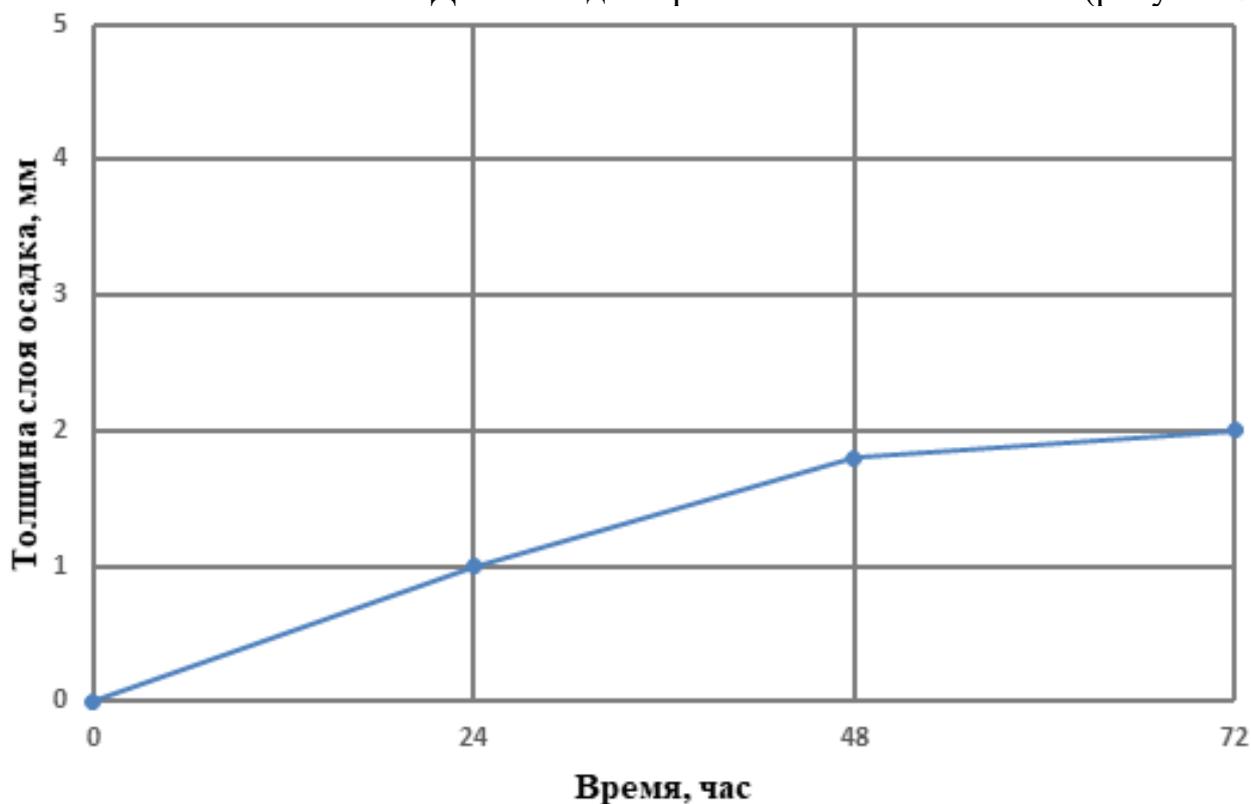


Рисунок 5. Толщина слоя осадка экспериментального состава рабоче-консервационного масла от времени отстаивания

С учетом того, что перемешивание производилось без использования специальных технических средств, полученные характеристики можно считать удовлетворительными.

#### **Заключение:**

В результате экспериментальных исследований установлено, что внесение в очищенное моторное масло 6 % полимеризованного рапсового масла и 6 % ингибитора коррозии – смазки ПВК позволяет повысить защитные, антикоррозионные свойства состава до показателей, близких к товарному маслу К-17.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Венцель С.М. Применение смазочных масел в двигателях внутреннего сгорания. М.: Химия. 1979. 238 с.
2. Пучков Н. Г., Забрянский Е.И., Малявинский Л. В. Товарные нефтепродукты, их свойства и применение. Справочник. М.: Химия, 1971. 414 с.
3. Балтенас Р., Сафонов А.С., Ушаков А.И, Шергалис. Моторные масла. Производство. Свойства. М.: Альфа-Лаб, 2000. – 272 с.
4. Крагельский Н.В. Трение, изнашивание и смазка М.: Машиностроение. 1978. 400 с.
5. Ковальский Б.И., Верещагин В.И., Рунда М.М., Янович Я.С., Шрам В.Г. Влияние климатических условий эксплуатации двигателей на процесс старения моторного масла // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2013. № 12. С. 8–10.
6. Ермилов Е. А. Метод контроля влияния процессов термоокисления и температурной деструкции на эксплуатационные свойства моторных масел: дисс. канд. техн. наук. Красноярск. 2021. 134 с.
7. Zhu J., He D., Vechhoefer E. Обзор мониторинга состояния смазочного масла, диагностика, методы и системы прогнозирования // Химический научно-технический журнал. 2013. Т. 2, № 3. – С. 100-11.
8. Апраксина Л.М., Сигаев В.Я. Коррозия металлов и методы оценки их химической стойкости. СПб.: ГТУРП, 2008. 45 с.
9. Остриков В.В., Нагдаев В.К., Вигдорович М.В., Афоничев Д.Н., Забродская А.В., Жерновников Д.Н. Проблемы защиты двигателей зерноуборочных комбайнов от износа и коррозии // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15. № 2 (73). С. 18–27.
10. Северный А.Э. Сохраняемость и защита от коррозии сельскохозяйственной техники. М.: ГОСНИТИ. 1993. – 283 с

## REFERENCES

1. Wenzel S.M. The use of lubricating oils in internal combustion engines. M.: Chemistry. 1979. 238 p.
2. Puchkov N. G., Zabryansky E.I., Malyavinsky L. V. Commodity petroleum products, their properties and application. Directory. M.: Khimiya, 1971. 414 p.
3. Baltenas R., Safonov A.S., Ushakov A.I., Shergalis. Motor oils. Production. Properties. M.: Alfa-Lab, 2000. – 272 p.

4. Kragelsky N.V. Friction, wear and lubrication M.: Mechanical Engineering. 1978. 400 p.
5. Kovalsky B.I., Vereshchagin V.I., Runda M.M., Yanovich Ya.S., Shram V.G. Influence of climatic conditions of engine operation on the aging process of engine oil // World of Oil Products. Bulletin of oil companies. 2013. No. 12. P. 8–10.
6. Ermilov E. A. Method for monitoring the influence of thermal oxidation processes and temperature destruction on the performance properties of motor oils: dissertation. Ph.D. tech. Sci. Krasnoyarsk 2021. 134 p.
7. Zhu J., He D., Bechhoefer E. Review of lubricating oil condition monitoring, diagnostics, methods and forecasting systems // Chemical Scientific and Technical Journal. 2013. T. 2, No. 3. – P. 100–11.
8. Apraksina L.M., Sigaev V.Ya. Corrosion of metals and methods for assessing their chemical resistance. St. Petersburg: GTURP, 2008. 45 p.
9. Ostrikov V.V., Nagdaev V.K., Vigdorovich M.V., Afonichev D.N., Zabrodskaya A.V., Zhernovnikov D.N. Problems of protecting engines of combine harvesters from wear and corrosion // Bulletin of the Voronezh State Agrarian University. 2022. T. 15. No. 2 (73). pp. 18–27.
10. Northern A.E. Storability and corrosion protection of agricultural machinery. M.: GOSNITI. 1993. – 283 s.

Научная статья  
УДК 630.228.7

## **ПАТЧ-ТЕСТИРОВАНИЕ – ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ НАЛИЧИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ В МОТОРНОМ МАСЛЕ РАБОТАЮЩЕГО ДВИГАТЕЛЯ**

*В.К. Корнеева, В.М. Капцевич, П.М. Спиридович,  
И.В. Закревский, И.С. Мотыль*

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

**Аннотация:** приведена методика определения загрязненности моторного масла, основанная на методе патч-тестирования – мембранной фильтрации. Описана установка, приспособления и реактивы для получения фильтрограмм (патч-тестов). На примере конкретных моторных масел с различной наработкой получены фильтрограммы и показана возможность применения метода для оценки наличия абразивных частиц и продуктов износа в моторном масле работающего ДВС в условиях АПК.

**Ключевые слова:** метод патч-тестирования, моторное масло, ДВС, абразивные частицы, продукты износа, фильтрограмма.

Original article

## **PATCH TESTING IS AN EFFECTIVE METHOD FOR ASSESSING THE PRESENCE OF MECHANICAL IMPURITIES IN THE MOTOR OIL OF AN RUNNING ENGINE**

*V.K. Korneeva, V.M. Kaptevich, P.M. Spiridovich,  
I.V. Zakrevsky, I.S. Motyl*

Belarusian State Agrarian Technical University,  
Minsk, Republic of Belarus

**Abstract:** a method for determining the contamination of motor oil is presented, based on the patch testing method – membrane filtration. The installation, devices and reagents for obtaining filtergrams (patch tests) are described. Using the example of specific motor oils with different operating hours, filtergrams were obtained and the possibility of using the method to assess the presence of abrasive particles and wear products in the motor oil of a running internal combustion engine under agricultural conditions was shown.

**Keywords:** patch testing method, motor oil, internal combustion engine, abrasive particles, wear products, filtergram.

### **Введение:**

Моторное масло является важным источником информации технического состояния ДВС [1], от надежности работы которого во многом зависит надежность работы всех трущихся сопряжений двигателя. Оно является

источником информации как о своем состоянии, так и о состоянии механизмов и узлов сельскохозяйственных машин.

Масло в процессе работы контактирует не только с трибосопряжениями, но и с другими системами ДВС, непосредственно участвующими в его работе. Нарушение герметичности этих систем может привести к попаданию в масло различных загрязнений, наиболее опасными из которых являются абразивные частицы и продукты износа ДВС. Так, причинами попадания абразивных частиц (пыли) в масло являются неисправности системы очистки воздуха ДВС: выход из строя воздушного фильтра, трещины во впускном коллекторе, нарушение герметичности воздухопроводов и т.п. Продукты износа генерируются в результате изнашивания поверхностей деталей трущихся пар различных узлов ДВС: кривошипно-шатунного механизма, цилиндропоршневой группы и газораспределительного механизма. Кроме того, сами абразивные частицы и продукты износа являются источниками дополнительного изнашивания трибосопряжений ДВС.

Одним из перспективных методов анализа загрязненности топливо-смазочных материалов является метод патч-тестирования – мембранной фильтрации, которая в настоящее время находит применение для проведения исследований в химии, микробиологии, биохимии, медицине, пищевой промышленности. Метод патч-тестирования позволяет оценить следующие показатели топливо-смазочных материалов: общую загрязненность нерастворимыми механическими примесями по изменению массы мембранного фильтра [2–4]; размер частиц, их количество и класс чистоты жидкости [5, 6], форму и источник происхождения твердых частиц загрязнений проведением микроскопического исследования [7].

Для проведения испытаний методом патч-тестирования в условиях АПК достаточно получить представление о количестве и размерах частиц загрязнений и изменении этих параметров в процессе эксплуатации ДВС.

Целью настоящих исследований является показать возможность применения метода патч-тестирования для оценки наличия абразивных частиц и продуктов износа в моторном масле работающего ДВС в условиях АПК.

#### **Методика исследований:**

Сущность метода заключается в вакуумной фильтрации образца разбавленного масла через мембранный фильтр с последующим анализом осажденных частиц на полученной фильтрограмме (патч-тесте).

В качестве объекта исследований были выбраны работающие моторные масла марки Лукойл Авангард 10W40 (наработка 90, 150 и 250 ч) и марки *Shell Rimula* 10W40 (наработка 110, 150 и 230 ч), собранные в ПРУП «Экспериментальная база имени Котовского» (Минский район) во время весенних полевых работ 2023 г. соответственно из ДВС Д-260.4S2 и *Deutz Common Rail* тракторов Беларусь-2022.3 и Беларусь-3522.

Для реализации метода использовали следующее оборудование, приспособления и реактивы (рисунок 1): разработанную и изготовленную в БГАТУ установку для мембранной фильтрации (рисунок 1, а) с концентрирующей прокладкой (рисунок 1, б) и воронкой (рисунок 1, в),

мембранный фильтр МФАС-НВ ВЛАДИПОР (диаметр 47 мм, размер пор 3 мкм) (рисунок 1, *з*), микроскоп МПБ-2 (рисунок 1, *д*), шприц (2 шт., 10 см<sup>3</sup>), растворитель (уйт-спирит).



Рисунок 1. Установка для патч-тестирования: *а* – внешний вид (*1* – воронка; *2* – фильтродержатель; *3* – колба; *4* – вакуумметр, подключенный к вакуумному насосу); *б* – концентрирующая прокладка с центральным отверстием диаметром 3 мм; *в* – воронка с отверстием диаметром 10 мм; *г* – набор мембранных фильтров; *д* – микроскоп МПБ-2

Использование воронки с выходным отверстием диаметром 10 мм и концентрирующей прокладки с центральным отверстием диаметром 3 мм, позволяет локализовать процесс фильтрации и тем самым проводить осаждение частиц загрязнений на узком участке мембраны, что позволяет проводить исследования в поле микроскопа (9 мм) МПБ-2 с увеличением 25×.

Метод осуществляли следующим образом. Пробу масла объемом 1 см<sup>3</sup> с помощью шприца заливали в колбу, добавляли в колбу 20 см<sup>3</sup> растворителя и тщательно перемешивали. Концентрирующую прокладку устанавливали в фильтродержателе, размещали на ней мембранный фильтр и устанавливали воронку. Пропускали пробу разбавленного растворителем моторного масла через мембранный фильтр с помощью вакуумного насоса. Промывали мембранный фильтр, пропускали 20 см<sup>3</sup> растворителя. Мембранный фильтр с осажденными механическими частицами загрязнений (фильтрограмму) сушили в течение 20 мин. Полученную фильтрограмму анализировали при помощи микроскопа МПБ-2.

### Результаты исследований:

На рисунке 2 представлены фильтрограммы (рабочая зона диаметром 3 мм) рассматриваемых масел с различной наработкой.

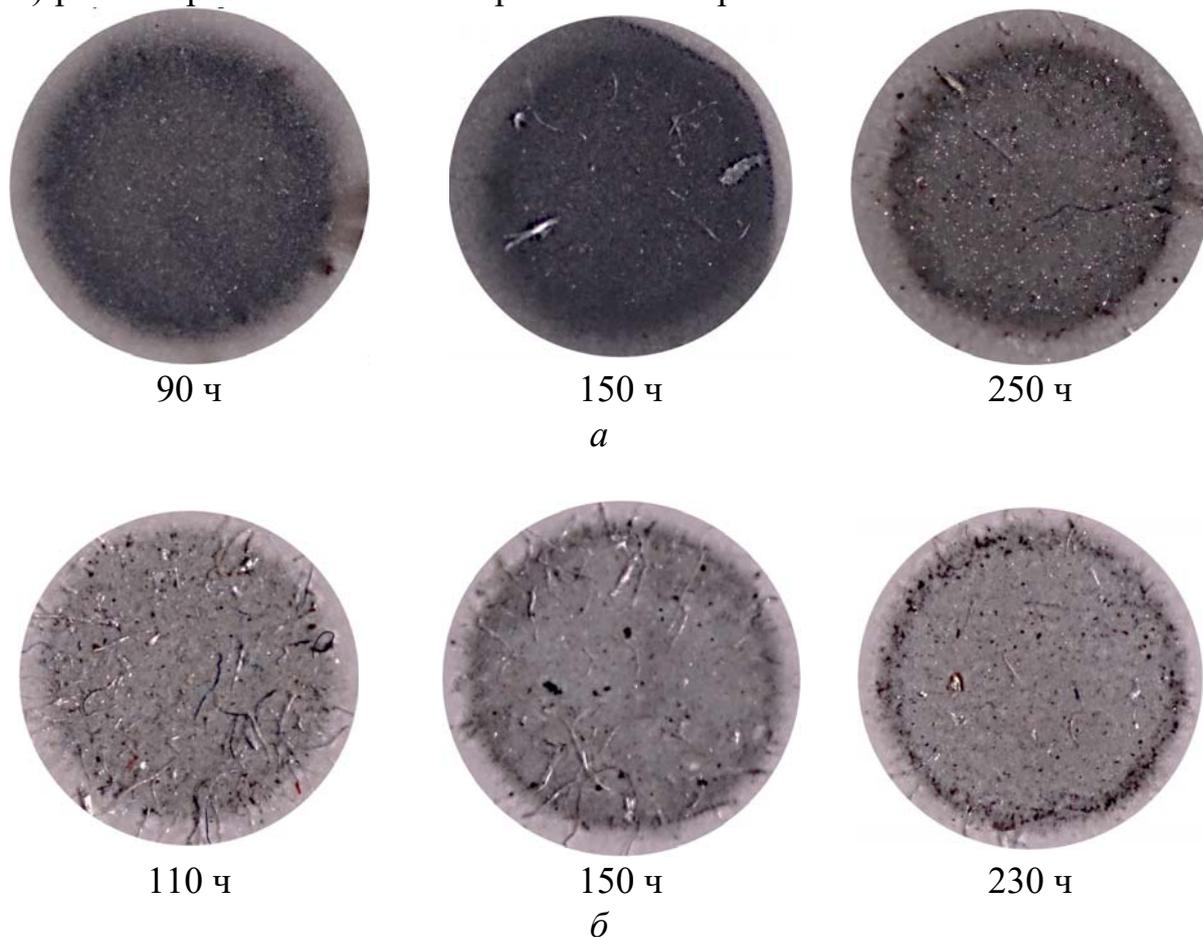


Рисунок 2. Фильтрограммы моторных масел с различной наработкой:  
а – Лукойл Авангард 10W40; б – Shell Rimula 10W40

Анализируя представленные фильтрограммы, следует отметить, что все исследуемые масла содержат большое количество частиц различной формы, природы и размеров.

#### Закключение:

Приведенные примеры свидетельствуют о том, что рекомендуемая методика позволяет определить количество, форму и размеры абразивных частиц и продуктов износа в моторном масле. Полученные результаты исследований показывают, что во всех рассматриваемых маслах содержатся металлические частицы с размерами, превышающими 40–50 мкм, что соответствует критическому состоянию масел по этому показателю [8].

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Резников В.Д. Надежность моторного масла как элемента конструкции двигателя / В.Д. Резников // Химия и технология топлив и масел. – 1981. – №8. – С. 24–27.

2. Метод определения механических примесей: ГОСТ 6370-2018. – Введ. 30.08.2018. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 11 с.
3. Топлива авиационные. Метод определения механических примесей: ГОСТ 32401-2013. – Введ. 14.11.2013. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 20 с.
4. Standard Test Method for Insoluble Contamination of Hydraulic Fluids by Gravimetric Analysis: ASTM D 4898-90 (Reapproved 1995). – ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States, 1995. – 3 p.
5. Чистота промышленная. Определение загрязненности жидкости методом счета частиц с помощью оптического микроскопа: ГОСТ ИСО 4407-2006. – Введ. 24.06.2006. – Москва: Стандартинформ, 2007. – 19 с.
6. Hydraulic fluid power – Fluids – Method for coding the level of contamination by solid particles ISO: 4406:1999. – International Organization for Standardization, 1999. – 13 p.
7. Standard Guide for Microscopic Characterization of Particles from In-Service Lubricants: ASTM D7684-11 (Reapproved 2016). – ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959. United States, 2016. – 10 p.
8. Доценко А.И. Основы триботехники / А.И. Доценко, И.А. Буяновский. – Москва: ИНФРА-М, 2017. – 335 с.

## REFERENCES

1. Reznikov V.D. Reliability of motor oil as an element of engine design / V.D. Reznikov // Chemistry and technology of fuels and oils. – 1981. – No. 8. – pp. 24–27.
2. Method for determining mechanical impurities: GOST 6370-2018. – Enter. 08/30/2018. – Moscow: Standardinform, 2019. – 11 p.
3. Aviation fuels. Method for determining mechanical impurities: GOST 32401-2013. – Enter. 11/14/2013. – Moscow: Standardinform, 2014. – 20 p.
4. Standard Test Method for Insoluble Contamination of Hydraulic Fluids by Gravimetric Analysis: ASTM D 4898-90 (Reapproved 1995). – ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States, 1995. – 3 p.
5. Industrial cleanliness. Determination of liquid contamination by particle counting using an optical microscope: GOST ISO 4407-2006. – Enter. 06/24/2006 – Moscow: Standardinform, 2007. – 19 p.
6. Hydraulic fluid power – Fluids – Method for coding the level of contamination by solid particles ISO: 4406:1999. – International Organization for Standardization, 1999. – 13 p.
7. Standard Guide for Microscopic Characterization of Particles from In-Service Lubricants: ASTM D7684-11 (Reapproved 2016). – ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959. United States, 2016. – 10 p.
8. Dotsenko A.I. Fundamentals of tribology / A.I. Dotsenko, I.A. Buyanovsky. – Moscow: INFRA-M, 2017. – 335 p.

Научная статья  
УДК 621.892

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОЧИСТКЕ СИСТЕМ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРАКТОРОВ

*А.В. Кошелев, А.В. Забродская, В.С. Вязинкин*

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

**Аннотация:** рассмотрен ресурсосберегающий технологический процесс очистки системы смазки и топливной системы двигателя от загрязнений. Выявлены рациональные характеристики состава добавок для удаления смолистых отложений из масляных каналов, загрязнений с поверхностей поршней, головки блока цилиндров, клапанов.

**Ключевые слова:** очистка, двигатель внутреннего сгорания, отработанное масло, загрязнения, ресурсосберегающие методы.

Original article

## RESEARCH RESULTS ON CLEANING SYSTEMS OF TRACTOR ENGINES

*A.V. Koshelev, A.V. Zabrodsкая, V.S. Vyazinkin*

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

**Abstract:** a resource-saving technological process for cleaning the engine lubrication system and fuel system from contaminants is considered. Rational characteristics of the composition of additives for removing tarry deposits from oil channels, contaminants from the surfaces of pistons, cylinder heads, and valves have been identified.

**Keywords:** cleaning, internal combustion engine, waste oil, pollution, resource-saving methods.

### **Введение:**

В настоящее время в АПК используется более 50 % дизельных топлив с отклонениями от требований ГОСТ. Это приводит к образованию значительного количества отложений на поверхностях поршней. Загрязнения представляют собой сажистые «мягкие» структуры, которые под действием высоких температур преобразуются в «твёрдые» коксовые отложения.

Образование отложений является также следствием высоких нагрузок, неудовлетворительного технического состояния двигателя, высокой степени износа деталей цилиндропоршневой группы и отклонениях в регулировках топливной аппаратуры [1, 2, 3].

Как известно, в процессе работы тракторного двигателя под воздействием высоких температур образуются нагары от сгорания дизельного топлива и смазочного масла. Под маслосъёмными кольцами, в масляных каналах образуются смолисто-коксовые отложения [4, 5].

В процессе сгорания дизельного топлива на поверхностях поршней, на клапанах и деталях головки блока образуются отложения, обусловленные использованием топлив утяжелённого состава, с повышенным содержанием смол и серы [6, 7].

Удалить подобного рода отложения очень сложно очисткой от загрязнений только системы смазки. Необходима очистка двигателя со стороны топливной системы. Причём очистка должна быть комплексной и масляной, и топливной системы, и в определённой последовательности. В первую очередь необходимо провести очистку двигателя со стороны масляной системы [8, 9, 10].

Данный факт позволяет удалить загрязнения, попавшие в процессе очистки в масло, последующей его очисткой и промывкой промывочным маслом. В настоящее время существует достаточно много препаратов, добавок к топливу, позволяющих удалять загрязнения из двигателя со стороны топливной системы.

Основными недостатками технологий и препаратов для удалений загрязнений со стороны топливной системы являются:

- высокая цена приобретения добавок к топливу, не всегда оправдывающая затраченные средства

- основная масса добавок и присадок предназначена для использования в бензиновых двигателях, где загрязнения отличаются от загрязнений, присутствующих в дизельных двигателях.

- в процессе промывки топливной системы известными добавками не исключается отслоение от деталей ЦПГ твёрдых коксовых конгломератов, способных вызывать образование крупных борозд на юбке поршня, гильзе цилиндра, а иногда и повреждение поверхностей клапанов.

#### **Методика исследований:**

На основании вышеизложенного ФГБНУ ВНИИТиН разрабатывает щадящую технологию очистки масляной системы и топливной системы от загрязнений.

Исследования проводились на двигателе Д-240, установленном на тормозном стенде КИ-4355.

На первом этапе моделировались процессы загрязнения двигателя. В дизельное топливо добавлялись компоненты печного топлива в смеси с элементами мазута. Двигатель запускался и работал на холостом ходу и под нагрузкой в течение 20 часов.

Далее в картер двигателя заправлялось отработавшее свой срок моторное масла, содержащее более 1,5 % нерастворимых примесей, имеющее щелочное число 1,2 мг КОН/г и вязкость кинематическую 12,8 мм<sup>2</sup>/с.

Двигатель вновь запускался и работал при переменных нагрузках в течение 20 часов.

После проведения операции моделирования загрязнения системы смазки и топливной системы двигатель частично разбирался. Снималась головка блока цилиндров, очищалась центрифуга очистки масла. Топливо менялось на качественное, соответствующее требованиям ГОСТ.

После проведения подготовительных операций двигатель запускался. Прогревали до температуры нагрева моторного масла в картере 70–80 °С. В масло, через заливную горловину, при холостых оборотах двигателя, заправляли смесь моноэтаноламина и изопропанола 3 масс. % к объёму масла. После 5 минут работы двигателя на холостом ходу увеличивали обороты до 1000–1200 об/мин, далее двигатель работал в установленном порядке 40 минут. Через каждые 10 минут посредством специально установленного крана сливали из картера двигателя пробу масла и определяли его загрязнённость.

#### **Результаты и их обсуждение:**

Определено, что в первые 10 минут работы снижение загрязнений в масле шло замедленными темпами, что объясняется недостаточностью времени для укрупнения мелкодисперсных загрязнений и низким фактором разделения центрифуги для удаления примесей. На рисунке 1 представлена динамика изменения содержания нерастворимого осадка в цвета масла от времени работы двигателя Д-240.

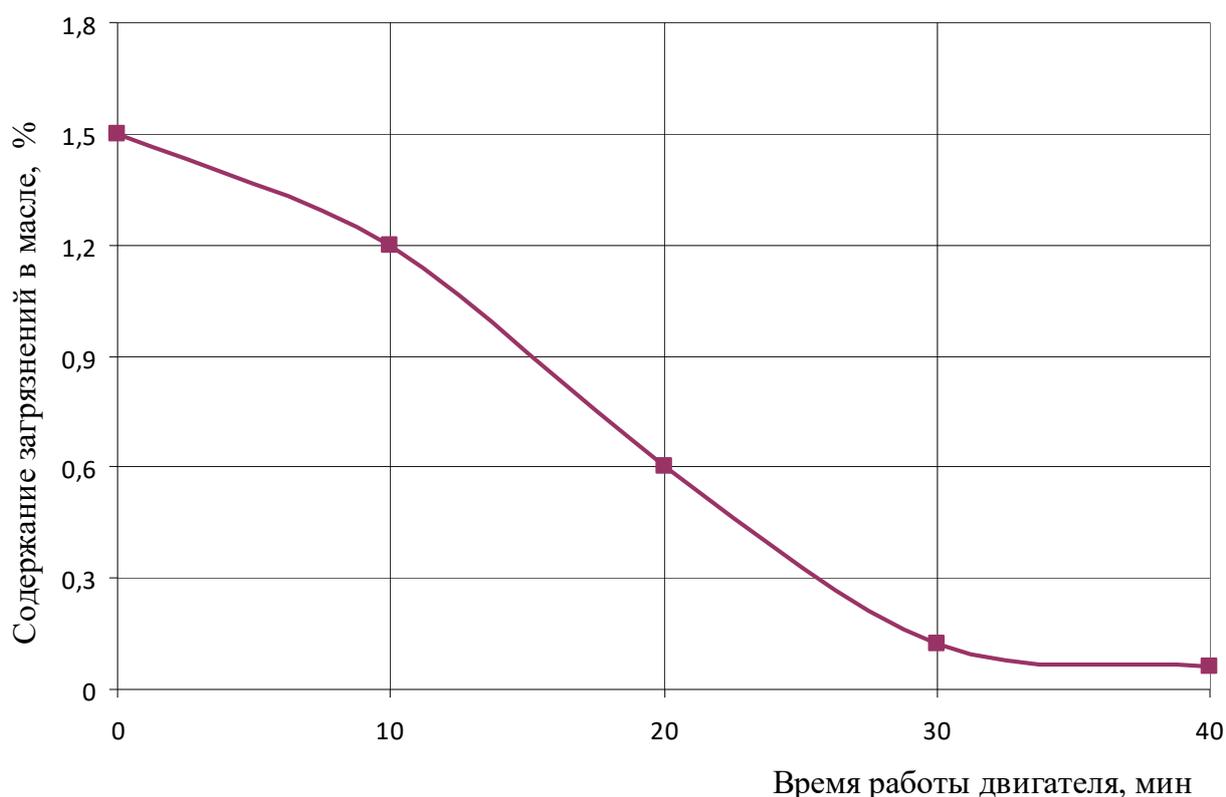


Рисунок 1. Зависимость изменения содержания загрязнений в масле под действием реагентов от времени работы Д-240.

За последующие 20 минут работы двигателя содержание загрязнений в масле снизилось более чем в 10 раз. К окончанию работы двигателя в режиме очистки масла содержание примесей в масле составляло 0,06 %.

После завершения операции очистки масла двигатель останавливался. Производили очистку масляной центрифуги от загрязнений.

Далее в заливочную горловину заправляли смесь диметилсульфоксида 3 масс. % и изопропилата калия 3 масс. %.

Одновременно с этим в надпоршневое пространство через отверстие под форсунку заливается смесь диметилсульфоксида 25 масс. %, растворённого в изопропиловом спирте 50 масс. % и остальное дизельное топливо 25 масс. %.

Оставляют двигатель на 5...10 минут в нерабочем состоянии. После выполнения данной операции двигатель отсоединяют от основного бака и подключают к ёмкости с дизельным топливом с добавками диметилсульфоксида 3 масс. %, уайт-спирита 3 масс. %.

Двигатель запускают. С помощью насоса высокого давления топливо с добавками подают в двигатель, работающий на холостых оборотах. Работа двигателя продолжается 40 минут.

В процессе проведения данных мероприятий происходит промывка системы смазки подготовленным в картере составом промывочного масла и очистка двигателя со стороны топливной системы за счёт использования дизельного топлива с моющими активными добавками.

На рисунке 2 представлена зависимость накопления в масле загрязнений под действием реагентов в масле и топливе.

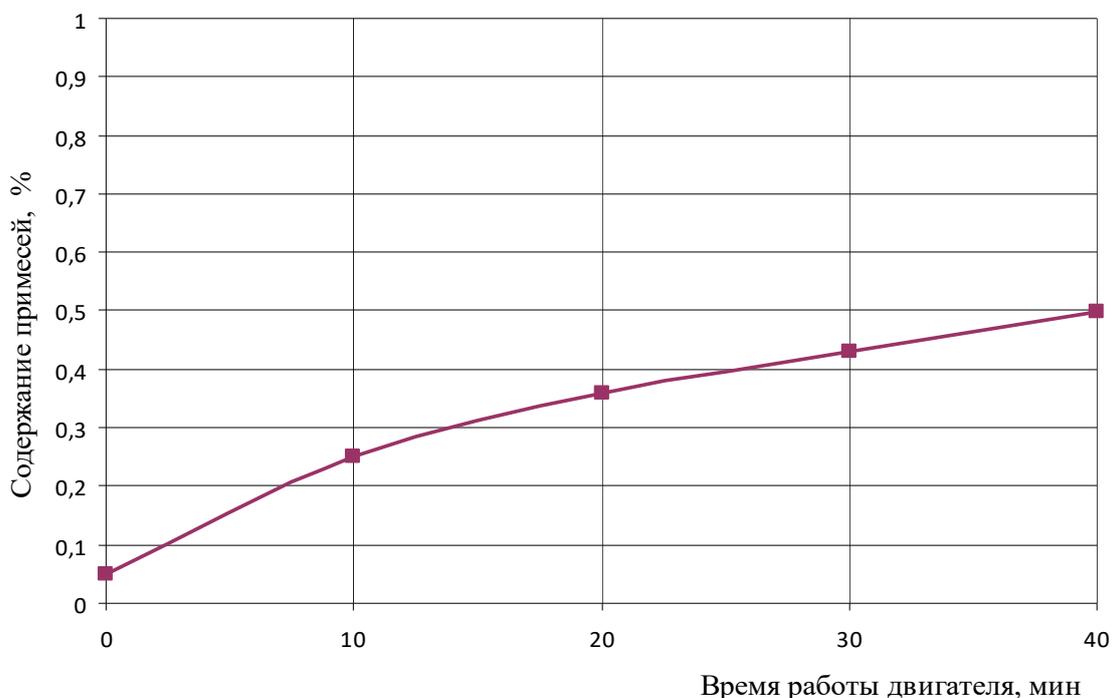


Рисунок 2. Изменение содержания примесей в масле в процессе промывки двигателя

После завершения процессов очистки систем двигателя проводилась оценка изменения компрессии, расхода топлива и давления масла в системе смазки. В таблице 1 представлены результаты определения эксплуатационных характеристик двигателя до и после промывки.

Таблица 1 – Эксплуатационные характеристики двигателя Д-240 до и после испытаний

Показатели	До начала испытаний	После завершения испытаний и промывки ДВС
Компрессия в цилиндрах, кгс/см <sup>2</sup> (среднее значение)	19	24
Расход топлива, л/час	14,1	12,0
Давление масла в системе, кгс/см <sup>2</sup>	2,0	2,9

Анализируя полученные результаты, следует отметить, что все основные характеристики двигателя улучшились. Окончательная оценка результативности процесса очистки двигателя проводилась на основании анализа загрязнённости деталей. В таблице 2 представлены результаты балльной оценки загрязнённости поверхности головки блока цилиндров, поршней, форсунок.

Таблица 2 – Показатели загрязнённости деталей двигателя после комплексной промывки

Показатели	Перед началом промывки	После завершения операции промывки
Загрязнённость деталей, балл:		
- головка блока цилиндров	8	3
- поршни	5	2
- распылители форсунок	6	1,5

### **Заключение:**

Обобщая результаты исследований по комплексной очистке двигателей со стороны масляной и топливной систем следует отметить высокую эффективность данного технологического процесса.

Удаление нагаров из камеры сгорания топлива, с поверхностей головки блока цилиндров способствует улучшению отвода тепла, снижению расхода топлива двигателем, уменьшению попадания продуктов сгорания в масло, продлению сроков службы моторного масла из-за меньшей степени его загрязнённости. Данный подход к ресурсосбережению может рассматриваться как одной из актуальных задач снижения затрат на эксплуатацию и ремонт техники.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Ждановский Н.С., Николаенко А.В. Надежность и долговечность автотракторных двигателей. – Л.: Колос, 1974. 223с.

2. Иофинов С.А., Лышко Г.П. Эксплуатация машинно-тракторного парка. – М.: Колос, 1984. 351с.
3. Григорьев М.А., Бурнаков Б.М., Долецкий В.А. Качество моторного масла и надежность двигателей. М.: Изд-во стандартов, 1981. 231 с.
4. Остриков В.В., Петрашев А.И., Сазонов С.Н., Забродская А.В. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости: учебное пособие / Москва – Вологда: Инфра – Инженерия, 2019. 244 с.
5. Непогодьев А.В., Ворожихина В.И., Рязанов Л.С. Высокотемпературное динамическое окисление масла в поршневом двигателе // Двигателестроение. 1990. № 3. С. 51–54.
6. Остриков В.В., Кругов В.Ф., Афанасьев Д.И., Сазонов С.Н. Промывочное масло: патент № 2617117 Российская Федерация; опубл. 21.04.2017.
7. Картошкин А.П. Исследование нагароотложений на деталях ци-линдропоршневой группы при эксплуатации дизелей сельскохозяйственных тракторов. – Л.: ЛСХИ, 1984. – 97 с.
8. Rompe K., Grunow D. Fahrverhalten von PKW beim Bremsen in der Kurve // «Verkehrsunfall». 1978. №11. 221–228.
9. Чертков Я.Б., Кунина Е.А., Кунушкин А.А. Источники образования нагара в дизельных двигателях // Двигателестроение. 1981. № 8. С. 36–38.
10. Кузнецов Е.С. Управление технической эксплуатацией автомобилей. М.: Транспорт, 1990. 272 с.

## REFERENCES

1. Zhdanovsky N.S., Nikolaenko A.B. Reliability and durability of automobile and tractor engines. – L.: Kolos, 1974. 223 p.
2. Iofinov S.A., Lyshko G.P. Operation of the machine and tractor fleet. – M.: Kolos, 1984. 351 p.
3. Grigoriev M.A., Burnakov B.M., Doletsky V.A. Engine oil quality and engine reliability. M.: Publishing house of standards, 1981. 231 p.
4. Ostrikov V.V., Petrashev A.I., Sazonov S.N., Zabrodskaya A.V. Fuel, lubricants and technical fluids: a textbook / Moscow – Vologda: Infra – Engineering, 2019. 244 p.
5. Nepogodiev A.V., Vorozhikhina V.I., Ryazanov L.S. High-temperature dynamic oxidation of oil in a piston engine // Dvigatolestroyeniye. 1990. No. 3. P. 51–54.
6. Ostrikov V.V., Krugov V.F., Afanasyev D.I., Sazonov S.N. Flushing oil: patent No. 2617117 Russian Federation; publ. 04/21/2017.
7. Kartoshkin A.P. Study of carbon deposits on parts of the cylinder-piston group during the operation of diesel engines of agricultural tractors. – L.: LSHI, 1984 – 97 p.
8. Rompe K., Grunow D. Fahrverhalten von PKW beim Bremsen in der Kurve // «Verkehrsunfall». 1978. No. 11. 221–228
9. Chertkov Ya.B., Kunina E.A., Kunushkin A.A. Sources of soot formation in diesel engines. //Engine engineering. 1981. No. 8. P.36–38.
10. Kuznetsov E.S. Management of technical operation of vehicles. M.: Transport, 1990. 272 p.

Научная статья

УДК 621.899:539.2

## АНАЛИЗ ПРОЦЕССА УГАРА И ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ МАСЛА

*В.К. Нагдаев, Д.Н. Жерновников, А.В. Кошелев, А.В. Забродская*

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

**Аннотация:** в результате исследования конкретных образцов моторных масел методом синхронного термического анализа рассматривался процесс «угара» масел при температуре 300 °С. Рассмотрены физико-химические и структурные превращения. Получены зависимости термо-гравиметрии и кривые дифференциальной сканирующей калориметрии.

**Ключевые слова:** масло моторное, синхронный термический анализ, угар масла, содержание воды и сажи

Original article

## ANALYSIS OF THE PROCESS OF CARBON MONOXIDE AND CHANGES IN OIL PROPERTIES

*V.K. Nagdaev, D.N. Zhernovnikov, A.V. Koshelev, A.V. Zabrodskaya*

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

**Abstract:** as a result of the study of specific samples of motor oils by the method of synchronous thermal analysis, the process of "burning" oils at a temperature of 300 °C was considered. Physicochemical and structural transformations are considered. Dependences of thermogravimetry and curves of differential scanning calorimetry are obtained.

**Keywords:** motor oil, synchronous thermal analysis, oil fumes, water and soot content.

### **Введение:**

В процессе работы моторного масла в двигателе внутреннего сгорания, под действием высоких температур, происходит его «угорание». Данный факт является естественным процессом и зависит от технического состояния ДВС и свойств моторного масла.

Стойкость к угару моторного масла в основном определяется свойствами его основы и составом присадок [1]. Масляная основа, имеющая более высокую вязкость, угорает интенсивно в силу того, что на нагретых поверхностях формируется «толстая» пленка, что сказывается на объеме угара масла.

По мере срабатывания присадок в моторных маслах ухудшается отвод тепла от нагретых поверхностей двигателя. Механохимические процессы, происходящие в масле, ухудшают его трибологические свойства [2]. Поэтому актуальным является изучение изменения веса масла (угар) и тепла по мере повышении температуры моторного масла.

С развитием технологий при производстве смазочных материалов, а также конструкции двигателей увеличился срок службы моторных масел. Увеличение интервала замены масла приводит к увеличению содержания загрязнений в масле. Для дизельных двигателей на первый план выходит содержание продуктов неполного сгорания топлива, в частности сажи и воды. Своевременный мониторинг содержания сажи и воды в моторном масле является необходимым условием для бесперебойной работы дизельного двигателя.

Существующие на сегодняшний день способы получения и составы моторных масел предполагают использование дорогостоящих и ограниченных ресурсов, таких как нефтяные базовые масла и присадки, а технологии их производства энергоемки и высоко затратны [3].

Отработанные моторные масла представляют собой продукт, требующий утилизации, при этом они содержат загрязненную основу и остаточный запас присадок, которые при определенных условиях могут быть использованы при производстве промывочных масел [4].

#### **Методика исследований:**

Синхронный термический анализ (СТА) представляет собой метод исследования физико-химических и структурных превращений, происходящих в веществе при изменении его температуры [5, 6]. При выполнении СТА образцов масла получают кривые термо-гравиметрии (ТГ – изменение веса образца) и кривые дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК – изменение теплового потока) [7, 8].

Измерения проводились на термографе модели NETZCH – 449F1 Jupiter. Температурный диапазон от 40 до 800 °С, скорость нагрева – 10 °С/мин, навеска образца масла 25–30 мг, рабочая среда – поток воздуха 30 мл/мин, аргона – 20 мл/мин, тигли из оксида алюминия (при нагреве образца до 800 °С) и платины (при нагреве до 300 °С).

Очистка отработанных моторных масел проводилась по методике, представленной в работе [9].

## Результаты исследований:

Важным элементом процесса очистки ДВС, являющийся бесспорным, является удаление из системы смазки сажи и воды. Для снижения влияния загрязнений системы смазки на эксплуатационные характеристики двигателя предусмотрена его промывка при проведении операции технического обслуживания специальными промывочными маслами. СТА анализ, при программированном нагреве образца, позволяет определить содержание воды и углеродистых структур, а также температуры их окисления в сложной системе масло-сажа. Содержание воды определяется по потере веса образца масла в диапазоне температур от 50 до 180 °С. Расчет содержания сажи проводится по потере веса образца в интервале температур 450–700 °С.

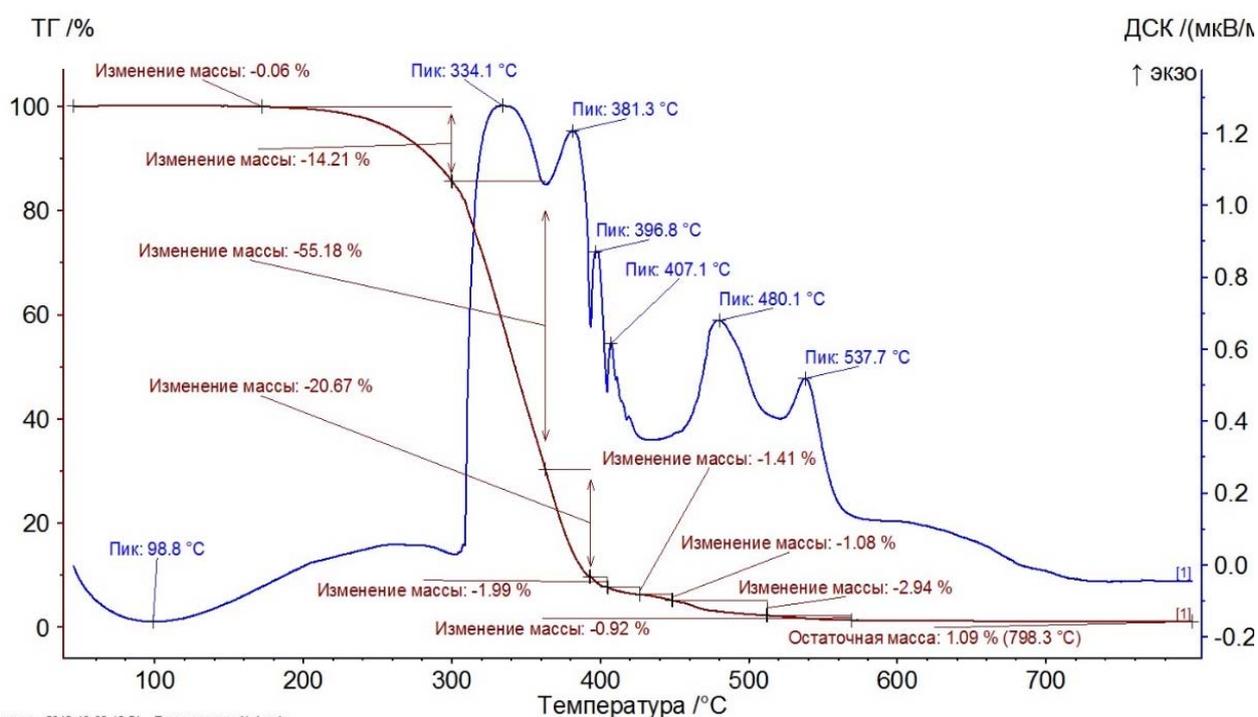


Рисунок 1. Изменение веса и теплового потока товарного моторного масла М-10Г<sub>2К</sub> при нагревании образца до 800 °С на воздухе

Изменение веса и теплового потока товарного моторного масла указывает на сложный состав масла: при 98 °С протекает эндотермическая реакция (с поглощением тепла) удаления воды из масла. От 200 °С до 450 °С протекает пять экзотермических реакций, при этом происходит значительная потеря массы образца – 92 % (рисунок 1). От 450 до 600 °С наблюдается два экзотермических пика которые соответствуют реакциям окисления углеродных составляющих моторного масла. Следует отметить, что окисление углерода происходит в две стадии – при 480 и 537 °С. Другими словами в моторном масле две модификации углеродной составляющей. Приблизительное содержание углеродной составляющей моторного масла – 4 %.

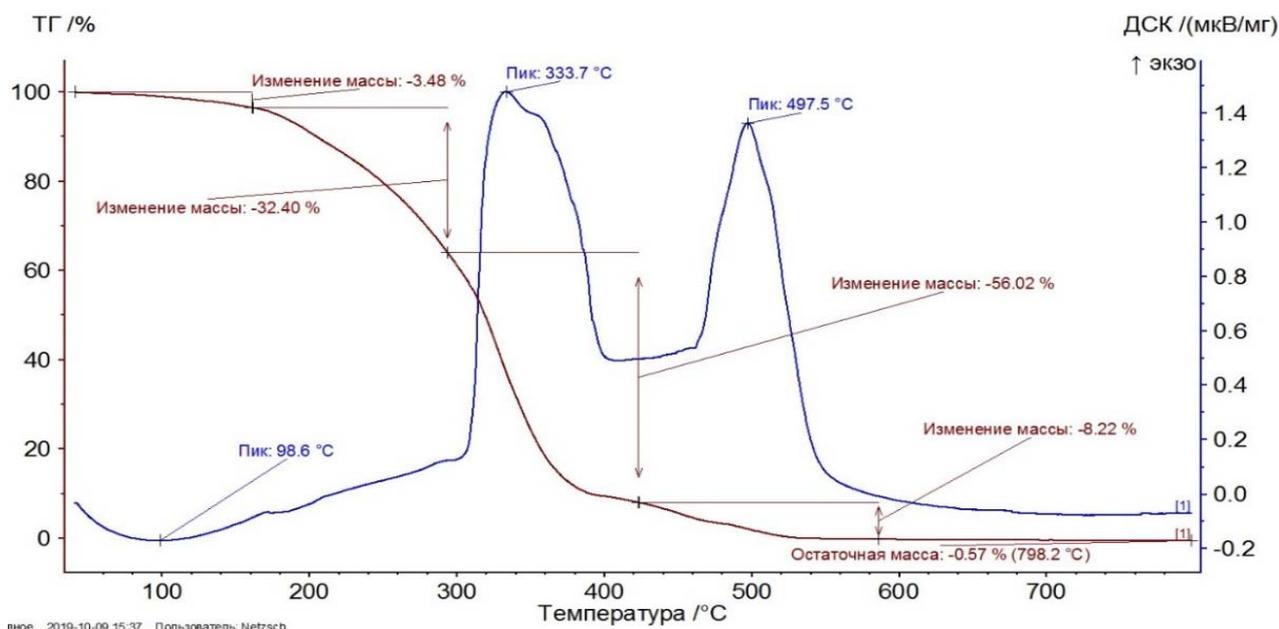


Рисунок 2. Изменение веса и теплового потока очищенного отработанного моторного масла М-10Г<sub>2К</sub> (нагревание образца до 800 °С на воздухе)

Очищенное отработанное моторное масло М-10Г<sub>2К</sub> имеет упрощенный состав с учетом ДСК кривой: эндотермический пик удаления воды (98 °С, содержание воды около 3,5 %), экзотермический пик (334 °С) и экзотермический окисления углеродной составляющей (497 °С). Содержание сажи составляет около 8 % (рисунок 2). Наибольшее уменьшение веса пробы масла происходит в интервале температур от 200 до 400 °С – 88 %.

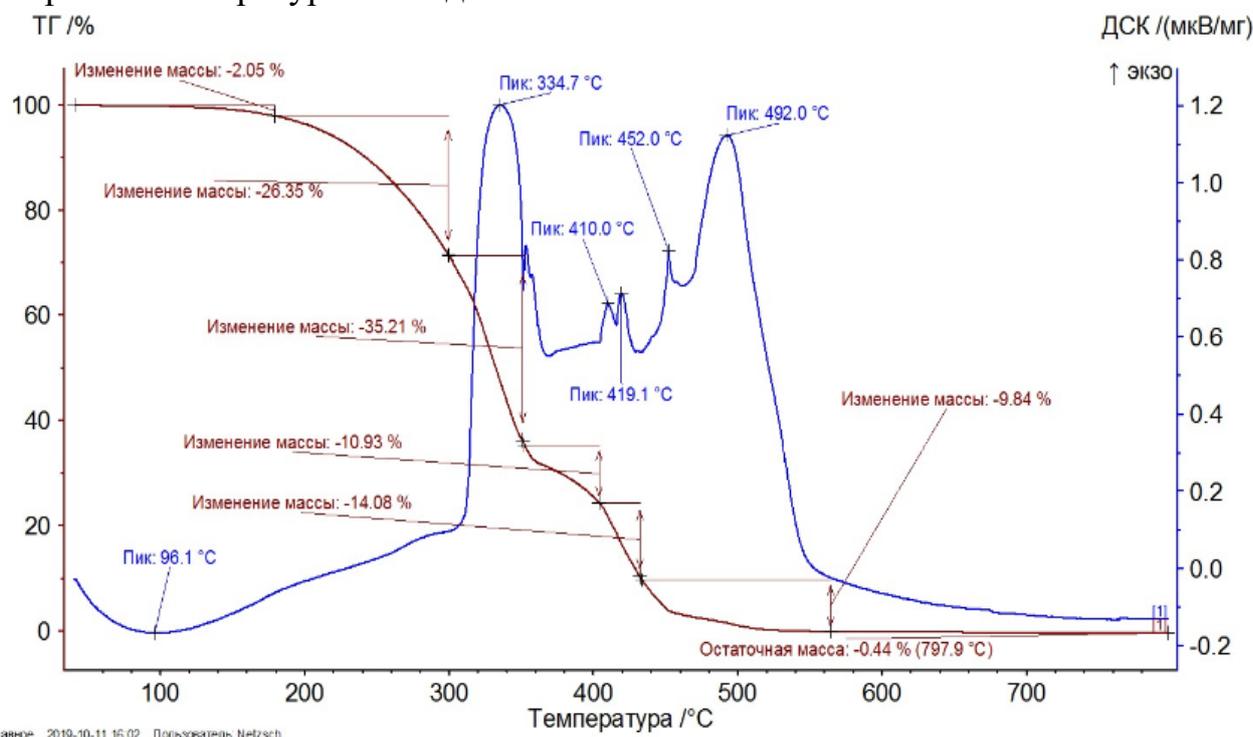


Рисунок 3. Изменение веса и теплового потока очищенного отработанного моторного масла М-10Г<sub>2К</sub> после промывки двигателя (нагревание образца до 800 °С на воздухе)

Очищенное отработанное моторное масло М-10Г<sub>2к</sub> после промывки двигателя имеет усложненный состав (рисунок 3). Эндотермический пик испарения воды (96 °С, потеря массы 2 %), экзотермические пики 335, 410, 419 °С (общая потеря массы 87 %) и экзотермические пики окисления углеродной составляющей моторного масла 452 и 492 °С. Содержание сажи составляет около 10 %.

Анализируя полученные результаты, можно условно говорить об известных закономерностях. Однако столь сложные исследования и интерпретация полученных результатов, возможны при использовании сложного оборудования и высокого уровня исполнителей.

Тем не менее «угар» масла является одним из важных моментов диагностики технического состояния двигателя и свойств масла.

В последние годы при рассмотрении большого многообразия проб масел установлено их соответствие требованиям нормативно-технической документации.

При этом упрощенным методом, а именно нагревом масла до 300 °С уровень (вес) масла по сравнению с первоначальным значением (во время открытого сравнительного нагрева в металлической чашке) изменялся более чем на 50 %, что не свойственно моторным маслам.

#### **Заключение:**

Установлено, что современные масла в связи с переходом к использованию масел ранее не известных фирм и компаний не отвечают требованиям эксплуатации и требуют глубокого анализа и исследований.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кулиев А.М. Химия и технология присадок к маслам и топливам. Л.: Химия, 1985. 312 с.
2. Гаркунов Д.Н. Триботехника. – М.: Машиностроение, 1989. – 328 с.
3. Динуес А.Н., Потоловский Л.А. Основы технологии нефтехимического синтеза. М.: Гостоптехиздат. 1960. 846 с.
4. Остриков В.В. Исследование очистки отработанных синтетических моторных масел специфическими растворителями/Остриков В.В., Тупотилов Н.Н., Попов С.Ю.// Наука в центральной России. – 2013. – №5, – с. 27–30.
5. Хабибулина Н.А. Синхронный термический анализ и спектроскопия комбинационного рассеяния как взаимодополняющие методы диагностики аллотропных форм углерода / Н.А. Хабибулина, Н.Н. Ситников, В.А. Казаков, С.К. Сигалаев // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2016, Т. 59. Вып. 8, с. 34–39.
6. Ефанова О.Ю. Определение сажи в моторных маслах с применением СТА-анализа. О.Ю. Ефанова, В.О. Ростовцев, А.Б. Карпов // XXII Всероссийская конференция молодых ученых химиков. Тезисы докладов. – Нижний Новгород: НИНГУ, 2019. с. 468.

7. Wu H., Al-Rashed A.A.A.A., Barzinjy A.A., Shahsavari A., Karimi A., Talebizadehsardari, P. Curve-fitting on experimental thermal conductivity of motor oil under influence of hybrid nano additives containing multi-walled carbon nanotubes and zinc oxide (2019) *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 535, № 122128.

8. Post E. STA 449 F5 Jupiter®-Simultaneous Thermal Analysis (STA) considerably simplified (2015) *CFI Ceramic Forum International*, 92 (5-6), pp. E33–E36.

9. Остриков В.В, Попов С.Ю., Шихалев И.Н. и др. Способ очистки отработанного масла. Пат. 2554357 Российская Федерация. 2014.

## REFERENCES

1. Kuliev A.M. Chemistry and technology of additives to oils and fuels. L.: Chemistry, 1985. p. 312.

2. Garkunov D.N. Tribotechnology. – M.: Mechanical Engineering, 1989. – 328 p.

3. Dinues A.N., Potolovsky L.A. Basics of petrochemical synthesis technology. M.: Gostoptekhizdat. 1960. 846 p.

4. Ostrikov V.V. A study of the purification of used synthetic motor oils with specific solvents / Ostrikov V.V., Tupotilov N.N., Popov S.Yu. // *Science in Central Russia*. – 2013. – No. 5, – pp. 27–30.

5. Khabibulina N.A. Synchronous thermal analysis and Raman spectroscopy as complementary methods for the diagnosis of allotropic forms of carbon / N.A. Khabibulina, N.N. Sitnikov, V.A. Kazakov, S.K. Sigalaev // *Izv. vuzov. Chemistry and chemical technology*. 2016, vol. 59. Issue 8, pp. 34–39.

6. Efanova O.Yu. Determination of soot in motor oils using STA analysis. O.Yu. Efanova, V.O. Rostovtsev, A.B. Karpov // *XXII All-Russian Conference of Young Scientists of Chemists. Abstracts of reports*. – Nizhny Novgorod: NINGU, 2019. p. 468.

7. Wu H., Al-Rashed A.A.A.A., Barzinjy A.A., Shahsavari A., Karimi A., Talebizadehsardari P. Curve-fitting on experimental thermal conductivity of motor oil under influence of hybrid nano additives containing multi-walled carbon nanotubes and zinc oxide (2019) *Physica A: Statistical Mechanics and its applications*, 535, No. 122128.

8. Post E. STA 449 F5 Jupiter® – Simultaneous Thermal Analysis (STA) considered simplified (2015) *CFI Ceramic Forum International*, 92 (5–6), pp. E33–E36.

9. Ostrikov V.V., Popov S.Yu., Shikhalev I.N. Method for cleaning waste oil. Pat. 2554357 Russian Federation. 2014.

Научная статья

УДК 621.436+621.89.017

## **ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ МОТОРНЫХ МАСЕЛ**

*М.Д. Прокопцова*

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

**Аннотация:** в статье представлена актуальность разработки моторного метода комплексной оценки эксплуатационных свойств моторных масел для дизельных двигателей. Сформулированы основные требования к конструкции моторного стенда для реализации метода комплексной оценки эксплуатационных свойств моторных масел для дизельных двигателей. Приведены основные этапы модернизации моторного стенда Д-245 под требования нового метода комплексной оценки эксплуатационных свойств моторных масел.

**Ключевые слова:** дизельный двигатель, комплексная оценка, моторное масло, эксплуатационные свойства, испытания.

Original article

## **TESTING EQUIPMENT FOR A COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE PERFORMANCE PROPERTIES OF MOTOR OILS**

*M.D. Prokoptsova*

FAA «25 State Research Institute of Chemical Pathology  
of the Ministry of Defense of Russia», Moscow

**Abstract:** the article presents the relevance of the development of a motor method for a comprehensive assessment of the performance properties of motor oils for diesel engines. The basic requirements for the design of the engine stand for the implementation of the method of comprehensive assessment of the performance properties of engine oils for diesel engines are formulated. The main stages of modernization of the engine stand for the requirements of the new method of comprehensive assessment of the performance properties of motor oils are presented.

**Keywords:** diesel engine, comprehensive assessment, motor oil, operational properties, motor tests.

В настоящее время для оценки моющих свойств моторных масел для дизельных двигателей в ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны

России» эксплуатируется моторный стенд Д-245 [1]. Оценочным показателем метода является общая загрязненность поршней и поршневых канавок. Проводя испытания моторного масла на моторном стенде Д-245, согласно [1], искусственно ограничивается перечень оценочных показателей метода. Фактически не используется значительная часть реально наблюдаемой информации о физико-химических превращениях моторного масла. Моторные масла в двигателях внутреннего сгорания выполняют ряд важных функций, причем работают они в тяжелых условиях: при воздействии изменяющихся во времени давлений (достигающих в некоторых узлах 100 МПа) и высоких температур (температура продуктов сгорания топлива превышает 2000 °С), при этом протекают химмотологические процессы, такие как образование отложений, трение и изнашивание деталей. Однако, проводя испытания на моторном стенде Д-245, определяется только количество отложений на боковой поверхности поршня, и игнорируется информация о потере массы поршневых колец и шатунных вкладышей, изменении щелочного и кислотного чисел, кинематической вязкости, содержании нерастворимых осадков, накоплении продуктов износа и т.д. Поэтому актуальной является разработка моторного метода комплексной оценки эксплуатационных свойств моторных масел для дизельных двигателей, суть которого заключается в комплексной оценке физико-химических превращений моторного масла, его воздействия на детали цилиндро-поршневой группы и масляный фильтроэлемент двигателя, измерении показателей, которые характеризуют моющие, диспергирующие, противоизносные, антикоррозионные и антиокислительные свойства моторных масел.

Для разработки метода комплексной оценки эксплуатационных свойств моторных масел для дизельных двигателей были сформированы следующие требования к конструкции моторного стенда [2]: во время проведения испытаний моторного масла в двигателе должно быть обеспечено постоянство протекания процесса горения топлива, для этого необходимо, чтобы в цилиндры двигателя на заданном режиме работы поступало неизменное количество топлива и воздуха; необходимо обеспечить сокращение продолжительности проведения испытания моторного масла, для этого должна быть смонтирована система подачи части отработавших газов в картер двигателя и установлен сажевый фильтр для повышенного загрязнения моторного масла сажей; для объективной количественной оценки склонности моторных масел к образованию низкотемпературных отложений на фильтроэлементе должен быть установлен центробежный масляный фильтр.

Исходя из вышеперечисленных требований метода комплексной оценки эксплуатационных свойств моторных масел была осуществлена модернизация моторного стенда Д-245. Исходная комплектация моторного стенда Д-245

включает четырехцилиндровый дизель Д-245.12С, динамометрическую машину с весовым устройством «VSETIN» IDS 932N, агрегаты системы отвода отработавших газов, топливоподдачи, воздухоподдачи, охлаждения и смазки, умформера, пульта управления, контрольных и измерительных устройств, вспомогательных и различных дополнительных устройств, обеспечивающих проведение испытаний по заданной программе и соответствует требованиям ГОСТ 14846-2020 «Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний» [3].

С целью обеспечения постоянства протекания процесса горения топлива в двигателе была осуществлена модернизация системы воздухоподдачи моторного стенда Д-245. Поддержание постоянства процесса сгорания выражается в подаче заданного количества топлива и воздуха в цилиндры двигателя. Для обеспечения неизменности количества подаваемого воздуха необходимо поддерживать постоянными влажность и температуру. Для обеспечения постоянной влажности воздуха, подаваемого в двигатель, система воздухоподдачи стенда Д-245 была дооборудована канальным осушителем воздуха, что позволяет оптимизировать процесс сгорания топлива в задаваемых значениях (рисунок 1).

Для поддержания постоянной температуры воздуха моторный стенд Д-245 был дооборудован промежуточным охладителем наддувочного воздуха – штатным интеркулером двигателей семейства Д-245. С целью обеспечения регулируемого температурного режима наддувочного воздуха интеркулер расположен в водяной ванне, где омывается регулируемым потоком воды. Для измерения температуры подаваемого в цилиндры воздуха система воздухоподдачи дооборудована средствами измерения температуры воздуха после выхода из интеркулера. Количество подаваемого в цилиндры воздуха контролируется массовым расходомером воздуха. Для обеспечения устойчивой работы массового расходомера воздуха система воздухоподдачи дополнена двумя демпферными емкостями, связанными между собой. Демпферные емкости представляют собой замкнутые корпуса со встроенными перегородками, установленными внутри в шахматном порядке. Для гашения пульсации воздуха устанавливаются эластичные резиновые диафрагмы, расположенные на противоположных входным трубопроводам торцевых поверхностях демпфирующих емкостей.

Стандартные и неизменные параметры подаваемого воздуха, такие как влажность и температура на впуске также способствуют повышению точности и воспроизводимости результатов исследования рабочего процесса и оценки эксплуатационных свойств моторного масла.

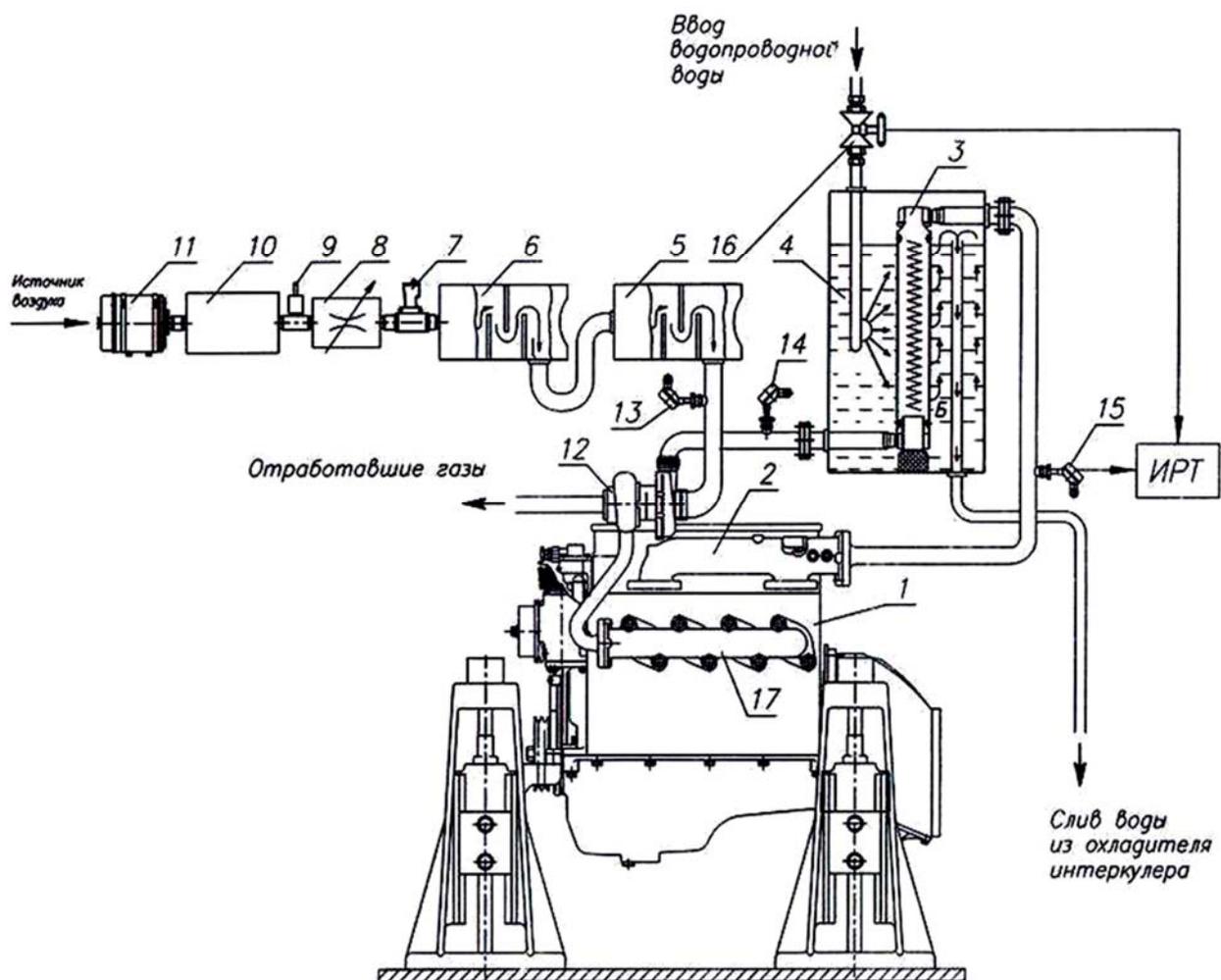


Рисунок 1. Модернизированная система воздухоподачи моторного стенда Д-245:

- 1 – дизельный двигатель Д-245.12С; 2 – впускная труба; 3 – интеркулер; 4 – водяная ванна; 5, 6 – демпферные емкости; 7 – расходомер воздуха; 8 – регулятор подачи воздуха; 9 – датчик контроля влажности; 10 – осушитель воздуха; 11 – фильтр воздушный; 12 – турбокомпрессор; 13 – датчик температуры воздуха на входе в турбокомпрессор; 14 – датчик температуры сжатого воздуха на входе в интеркулер; 15 – датчик температуры воздуха после интеркулера; 16 – электрический клапан подачи воды; 17 – выпускной коллектор

При разработке метода комплексной оценки эксплуатационных свойств моторных масел необходимо обеспечить сокращение продолжительности эксперимента, для чего была смонтирована система подачи части отработавших газов в картер двигателя и установлен сажевый фильтр, увеличивающий нагрузку на диспергирующие присадки, входящие в состав моторного масла. Из анализа литературных источников известно, что на процесс старения моторных масел в дизелях существенное влияние оказывают отработавшие газы. Отработавшие газы, проникающие через поршневые кольца в картер двигателя и загрязняющие моторное масло, содержат окислы азота, карбонильные и карбоксильные соединения (альдегиды, кетоны, органические кислоты), углеводороды, серу, а также твердые частицы – сажу [4]. Частицы сажи прочно

соединяются друг с другом и полярными соединениями, содержащимися в масле. В случае накопления в масле особенно больших количеств сажистых частиц, последние начинают быстро коагулировать и, выпадая из масла, приводят к образованию отложений. В работе [5] приведены сведения о связи между количеством прорывающихся из камеры сгорания отработавших газов и содержанием нерастворимых осадков в масле – при уменьшении числа компрессионных колец на поршне от трех до одного (последовательно 3, 2, 1) получено увеличение содержания нерастворимых в масле осадков (последовательно 1,7 %, 2,2 %, 5,7 %). Таким образом, принудительная подача части отработавших газы в картер двигателя позволит сократить продолжительность испытаний за счет интенсификации процесса старения моторного масла.

Установка сажевого фильтра позволяет увеличить величину противодействия на выпуске отработавших газов, влияющую на количество поступающих отработавших газов в картер двигателя, тем самым увеличивая нагрузку на диспергирующие присадки и ускоряя процесс окисления компонентов моторного масла, что приводит к сокращению продолжительности испытаний. Величина противодействия системы выпуска отработавших газов измеряется пьезометром, расположенным между выпускным коллектором и сажевым фильтром. В работе сажевого фильтра различается два последовательных этапа: фильтрация и регенерация сажи. При фильтрации происходит захват частиц сажи и оседание их на стенках фильтра. Не задерживаются только частицы сажи малого размера (от 0,1 до 1 мкм), их доля невелика (до 5 %). Скопившиеся частицы сажи создают препятствие для отработавших газов, что приводит к снижению мощности двигателя. Периодически требуется очистка фильтра от накопившейся сажи или регенерация, поэтому сажевый фильтр устанавливается на минимально возможном расстоянии от выпускного коллектора двигателя.

Для получения объективной количественной оценки склонности моторных масел к образованию низкотемпературных отложений на фильтроэлементе был установлен центробежный масляный фильтр. Низкотемпературные отложения будут измеряться по массе отложений, скопившейся на внутренней поверхности ротора центробежного масляного фильтра [6].

Таким образом, исходя из вышеперечисленных требований, была осуществлена модернизация моторного стенда на базе четырехтактного четырехцилиндрового дизеля Д-245.12С в направлении обеспечения постоянства процесса сгорания топлива и сокращения продолжительности испытаний (рисунок 2). Проведенная модернизация моторного стенда Д-245 позволяет перейти к этапу разработки метода комплексной оценки эксплуатационных свойств моторных масел, с помощью которого за одно испытание возможно получить необходимую информацию о физико-химических превращениях моторного масла в процессе работы дизельного двигателя на режимах, характерных для условий эксплуатации наземной автомобильной техники.



Рисунок 2. Общий вид модернизированного моторного стенда Д-245 под требования метода комплексной оценки эксплуатационных свойств моторных масел

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Изменение № 1 СТО 08151164-037-2010 «Метод оценки моющих свойств моторных масел на моторном стенде с дизельным двигателем Д-245» [Текст]. – Введ. 2021-03-28. – М.: ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России», 2021. – 45 с.
2. Техническое задание на модернизацию стенда Д-245 под требования нового метода комплексной оценки эксплуатационных свойств моторных масел для дизельных двигателей [Текст]. – Введ. 2022-03-13. – М.: ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России», 2022. – 11 с.
3. ГОСТ 14846-2020 «Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний» [Текст]. – Введ. 2021-06-01. – М.: Изд-во стандартов, 2020. – 89 с.
4. Чудиновских А.Л. Разработка научных основ химмотологической оценки автомобильных моторных масел [Текст]: дис ... д-ра техн. наук: 05.17.07 / Чудиновских Алексей Леонидович. – М., 2016. – 239 с.
5. Григорьев М.А. Качество моторного масла и надежность двигателей [Текст] / М.А. Григорьев, Б.М. Бунаков, В.А. Долецкий. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 232 с.
6. Прокопцова М.Д. Методы оценки склонности моторных масел к образованию низкотемпературных отложений / М.Д. Прокопцова, К.В. Шаталов, Д.А. Уханов // Двигателестроение. Вып. 3 (281) – С.: Издательство ООО «НПФ» «Экология». – 2020. – С. 21–27.

## REFERENCES

1. Amendment No. 1 STO 08151164-037-2010 «Method for evaluating the detergent properties of motor oils on a motor stand with a D-245 diesel engine» [Text]. – Introduction. 2021-03-28. – Moscow: FAA "25 State Research Institute of Chemical Biology of the Ministry of Defense of Russia", 2021. – 45 p.
2. Technical specification for the modernization of the stand D-245 to meet the requirements of a new method of comprehensive assessment of the performance properties of motor oils for diesel engines [Text]. – Introduction. 2022-03-13. – Moscow: FAA "25 State Research Institute of Chemical Biology of the Ministry of Defense of Russia", 2022. – 11 p.
3. GOST 14846-2020 "Automotive engines. Bench testing methods" [Text]. – Introduction. 2021-06-01. – Moscow: Publishing House of Standards, 2020. – 89 p.
4. Chudinovskikh A.L. Development of scientific foundations of chemotological assessment of automotive motor oils [Text]: dis ... Doctor of Technical Sciences: 05.17.07 / Chudinovskikh Alexey Leonidovich. – M., 2016. – 239 p.
5. Grigoriev M.A. Engine oil quality and engine reliability [Text] / M.A. Grigoriev, B.M. Bunakov, V.A. Doletsky. – M.: Publishing House of Standards, 1981. – 232 p.
6. Prokoptsova M.D. Methods for assessing the propensity of motor oils to form low-temperature deposits / M.D. Prokoptsova, K.V. Shatalov, D.A. Ukhanov // Engine building. Issue 3 (281) – S.: Publishing house of NPF LLC "Ecology. – 2020. – pp. 21–27.

# ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

Научная статья

УДК 621.892.099.6

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА МАТЕРИАЛА ПОВЕРХНОСТЕЙ КАЧЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РОЛИКОВ ПОСЛЕ ТРИБОМОДИФИКАЦИИ В СРЕДЕ НАНОКОМПОНЕНТНОЙ ПЛАСТИЧНОЙ СМАЗКИ

*А.С. Азаров*

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

**Аннотация:** в статье представлены результаты исследований изменений в качественном элементном составе материала рабочих поверхностей лабораторных роликов после модификации в условиях трения качения с проскальзыванием в среде нанокomпонентной пластичной смазки.

**Ключевые слова:** автотракторная техника, подшипники, ресурс, поверхности качения, смазочные композиции, наноразмерные порошки металлов, стойкость к усталостному износу.

Original article

## THE RESULTS OF STUDIES OF THE ELEMENTAL COMPOSITION OF THE MATERIAL OF THE ROLLING SURFACES OF LABORATORY ROLLERS AFTER TRIBOMODIFICATION IN THE MEDIUM OF NANOCOMPONENT GREASE

*A.S. Azarov*

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

**Abstract:** the article presents the results of studies of changes in the qualitative elemental composition of the material of the working surfaces of laboratory rollers after modification under conditions of rolling friction with slippage in a nanocomponent grease medium.

**Keywords:** automotive machinery, bearings, service life, rolling surfaces, lubricating compositions, nanoscale metal powders, fatigue resistance.

## **Введение:**

В общем объеме сельскохозяйственных работ транспортные работы относятся к числу наиболее энергоемких процессов. На них приходится около 30 % всех затрат труда при возделывании сельскохозяйственных культур. В себестоимости сельскохозяйственной продукции транспортные расходы могут достигать 40 % [1]. На грузовой автомобильный транспорт приходится приблизительно 80 % всего объема перевозок [2]. Эффективность использования грузовых автомобилей в значительной степени зависит от показателей их безотказности.

При анализе значений средней наработки до отказа систем, узлов, сборочных единиц и деталей наиболее популярных в отечественном сельском хозяйстве грузовых автомобилей КАМАЗ установлено, что у подшипников качения ходовой части значение данного показателя на 20...44 % ниже, чем у подшипников скольжения коленчатого вала, поршневых колец и шкворневых соединений [3]. Низкое значение средней наработки подшипников качения до отказа приводит к простоям и повышенным материальным затратам на ремонт. Анализ литературных источников показал, что основным видом изнашивания подшипников качения является усталостное выкрашивание (питтинг) рабочих поверхностей тел и дорожек качения [4].

Долговечность подшипников качения помимо особенностей их конструкции и технологии производства, соблюдения технологии монтажа, нагрузочных, скоростных и температурных режимов работы зависит также и от эффективности применяемых смазочных материалов. Правильно подобранный смазочный материал способен снижать интенсивность усталостного изнашивания поверхностей качения [5, 6].

Смазочным материалом, рекомендуемым при эксплуатации многих подшипниковых узлов грузовых автомобилей КАМАЗ, является пластичная смазка Литол-24 ГОСТ 21150-2017 [7]. Эффективность более дорогих антифрикционных и противоизносных пластичных смазок во многом зависит от вида и химического состава добавок, используемых при их изготовлении. К перспективным добавкам способным значительно повышать эффективность смазочных материалов относят наноразмерные (НР) порошки металлов и их соединений [8].

Возможная эффективность металлических НР порошков может быть обоснована особенностями поведения продуктов изнашивания деталей подшипников качения [6]. Согласно исследованиям ряда учёных [4], образовавшиеся в зоне фрикционного взаимодействия поверхностей качения в

результате усталостного изнашивания продукты износа подвергаются размолу и перемешиванию. Наноразмерные продукты обладают высоким уровнем свободной энергии [9], которая обуславливает протекание процессов их консолидации и образование на поверхностях качения защитного слоя. В сформированном слое локализуются процессы трения и износа. Конструкционный материал поверхностей качения деталей подшипников процессы изнашивания в этом случае могут затрагивать незначительно. Аналогичный результат можно получить и при искусственном введении НР порошков металлов и их соединений в смазочную среду в виде добавок. В этом случае появляется возможность управления процессами трения и изнашивания деталей подшипников качения варьируя компонентным составом металлосодержащих добавок.

Среди существующих технологий получения НР порошков металлов и их соединений ряд достоинств выделяет метод плазменной переконденсации, основанный на испарении прутка необходимого металла в плазме с температурой  $\approx 8000$  К и конденсации полученного пара до частиц требуемого размера [10]. Одним из достоинств данного метода является возможность получения НР порошков не только отдельных металлов и сплавов, но и наличие возможности их легирования другими элементами *in situ*. Частицы получаемых порошков имеют форму, близкую к сферической, и размер – 10...30 нм.

Эффективность применения выбранного вида НР порошков в качестве добавок в пластичную смазку Литол-24, повышающих стойкость поверхностей качения к питтингу, проверяли в ходе лабораторных исследований.

#### **Методика исследований:**

Для приготовления смазочных композиций использовали товарную пластичную смазку Литол-24 и НР порошки Fe, Ni, Zn, а также сплавов Cu-Pb, Al-Pb и Cu-Sn. НР порошки выбирали на основании рекомендаций литературных источников и проведенных ранее исследований [8, 11].

Цикл исследований состоял из предварительных лабораторных испытаний, эксперимента по оптимизации состава смазочной композиции, а также этапа сравнительных лабораторных испытаний оптимизированного состава смазочной композиции и пластичной смазки Литол-24.

При проведении предварительных лабораторных испытаний контролировали антифрикционные и противоизносные свойства смазочных композиций. В ходе полного факторного эксперимента по оптимизации состава смазочной композиции оценивали антифрикционные, противоизносные

свойства смазочных композиций и их влияние на стойкость поверхностей качения к усталостному износу. На этапе сравнительных лабораторных испытаний дополнительно исследовали влияние разработанной смазочной композиции на шероховатость поверхностей качения.

Трибологические испытания проводили на машине трения МИ-1М с использованием пары трения «ролик-ролик». Момент трения регистрировался непрерывно при помощи самопишущего устройства узла замера момента трения испытательной машины. Износ определяли весовым методом на аналитических весах HR-250AG. Критериями оценки влияния смазочных композиций на стойкость поверхностей качения к усталостному износу служили количество циклов до появления первых признаков питтинга и величина нагрузки, вызывающей усталостное выкрашивание. Наличие следов усталостного износа определяли визуальным осмотром. Шероховатость поверхностей качения роликов до и после испытаний измеряли на профилографе-профилометре мод. 201 завода «Калибр» ГОСТ 19300-86.

Для исследований антифрикционных и противоизносных свойств смазочных композиций применяли ролики изготовленные из стали ШХ-15 ГОСТ 801-2022 со следующими характеристиками: наружный диаметр роликов – 50 мм, ширина нижнего ролика – 12 мм, верхнего – 10 мм, шероховатость поверхностей качения  $R_a$  – 0,8 мкм, твёрдость – 60...62 HRC. Для исследований элементного состава материала поверхностей качения до и после испытаний нанокomпонентной смазочной композиции лабораторные ролики изготавливали с аналогичными геометрическими характеристиками из стали ст6 ГОСТ 380-2005. Геометрические характеристики роликов для проведения усталостных испытаний несколько отличались: наружный диаметр роликов – 35 мм, ширина поверхности качения верхнего ролика – 2 мм, нижнего – 10 мм.

Перед испытаниями ролики прирабатывали на пластичной смазке Литол-24. Смазку пары трения осуществляли погружением нижнего ролика на 1/3 диаметра в смазочный материал, которым заполняли ванночку испытательной машины объёмом 150 см<sup>3</sup>. После окончания приработки ролики промывали в бензине-растворителе для резиновой промышленности ТУ 38.401-67-108-92, высушивали на воздухе в течение 15 мин, взвешивали, устанавливали на машину трения и проводили испытания. Режимы испытаний выбирали таким образом, чтобы обеспечить получение результатов с минимальными затратами труда и времени [8].

Пуск машины производили при отсутствии нагрузки. Нагружали ролики от 0 до величины испытательной нагрузки в течение  $\approx 5$  мин.

Для определения величины износа ролики по окончании испытаний демонтировали, промывали в бензине-растворителе, высушивали в течение 15 мин и взвешивали.

Все эксперименты проводили дважды. Для каждого опыта использовали новую порцию смазочной композиции и новую пару роликов. За результат эксперимента принимали среднее значение результатов двух последовательных испытаний. Полученные результаты подвергали сравнительному анализу.

Для проверки теоретических предположений о возможном участии металлических НР порошков в создании защитного слоя на поверхностях качения исследовали элементный состав рабочих поверхностей лабораторных роликов, до и после проведения трибологических испытаний оптимизированного состава нанокompонентной смазочной композиции. Исследования элементного состава проводили на дифрактометре ДРОН-4 [12].

Работа данного аппарата основана на явлении дифракции рентгеновских лучей, проходящих через кристаллическую решетку исследуемого материала [13]. Расчет вели по интерференционным максимумам, зарегистрированным при выполнении условия  $n\lambda = 2d\sin\theta$  (уравнение Вульфа – Брегга). Изменяя углы отражения дифракционных максимумов  $2\theta$  при заданных длинах волн  $\lambda$  рентгеновского излучения, аппарат позволяет определить межплоскостные расстояния  $d$  и идентифицировать исследуемые продукты.

При исследовании поверхностей качения использовали Fe- $k_{\alpha}$ -излучение при напряжении на рентгеновской трубке 20 кВ и анодном токе 20 мА. Отраженные рентгеновские лучи регистрировались электронно-вычислительным устройством ЭВУ-1-4 с записью на диаграммной ленте. Дифрактограммы расшифровывали с применением картотеки порошковых дифракционных данных ICPDS.

#### **Результаты исследований:**

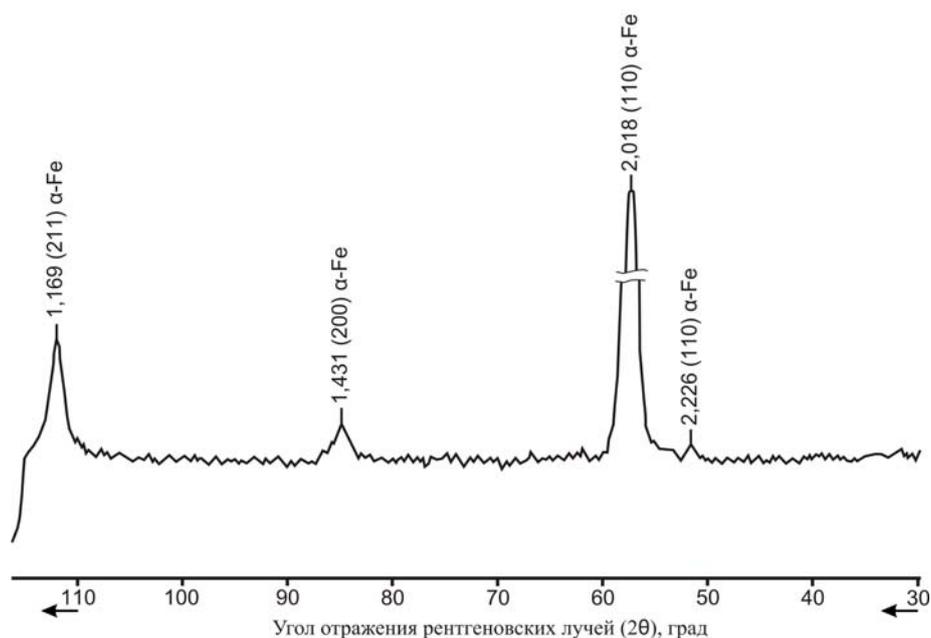
По результатам предварительных лабораторных испытаний установили, что смазочные композиции, полученные добавлением в пластичную смазку Литол-24 НР порошков Fe, Ni и Zn, демонстрируют лучшие антифрикционные и противоизносные свойства по сравнению с другими образцами смазочных композиций. В ходе полного факторного эксперимента выполнили

количественную и качественную оптимизацию состава смазочной композиции, полученной с применением комплекса НР порошков Fe, Ni и Zn. В результате оптимизации получили высокоэффективную смазочную композицию [11]. Далее проводили сравнительные лабораторные испытания нанокomпонентной смазочной композиции и товарной пластичной смазки Литол-24.

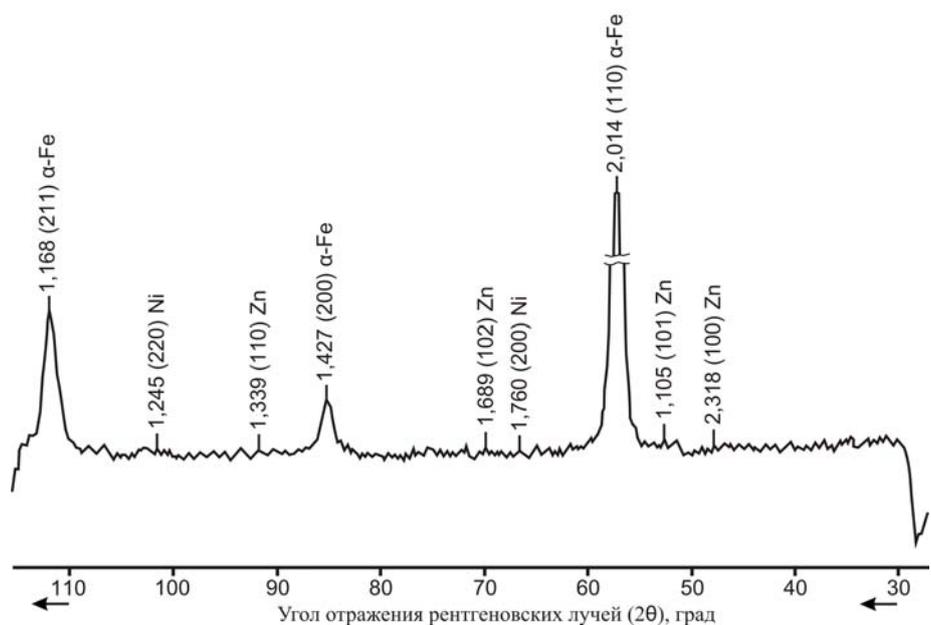
Сравнительный анализ показал, что добавление в пластичную смазку Литол-24 НР порошков Fe, Ni и Zn привело к снижению момента трения в контакте лабораторных роликов на 14 %, износа – на 26 %, значения шероховатости поверхностей качения  $R_a$  – в 2,2 раза. Результаты исследований влияния НР порошков металлов на стойкость поверхностей качения к усталостному выкрашиванию показали, что использование в качестве смазочной среды разработанной смазочной композиции способствует увеличению количества циклов до начала появления первых признаков питтинга в 1,86 раза по сравнению с результатами, полученными при испытании пластичной смазки Литол-24, а значение нагрузки, вызывающей усталостное выкрашивание увеличилось на 55 %.

Теоретические предположения о том, что установленный в результате трибологических испытаний эффект является результатом участия НР порошков Fe, Ni и Zn в процессах модификации поверхностей качения, проверяли методом рентгенофазового анализа на дифрактометре ДРОН-4 с использованием Fe- $k_\alpha$  излучения. Исследованиям подвергали рабочие поверхности лабораторных роликов, изготовленных из стали ст6, до и после лабораторных испытаний оптимизированного состава смазочной композиции.

В результате на поверхностях роликов до испытаний нанокomпонентной смазочной композиции выявили только  $\alpha$ -Fe (рис., а). На это указывают пики с межплоскостными расстояниями  $d = 2,018; 1,431; 1,169$  Å, что соответствует химическому составу конструкционного материала роликов. На дифрактограмме поверхностей качения роликов после испытаний нанокomпонентной смазочной композиции (рис., б), наряду с пиками  $\alpha$ -Fe видны пики Ni и Zn с межплоскостными расстояниями соответственно  $d = 1,760; 1,245$  Å и  $d = 2,318; 2,105; 1,689; 1,339$  Å. Факт идентификации на рабочих поверхностях лабораторных роликов химических элементов, входящих в состав добавки, используемой в разработанной смазочной композиции, указывает на их участие, в процессах модификации исследуемых поверхностей.



а



б

Рисунок. Дифрактограммы поверхностей качения лабораторных роликов: а – до испытания; б – после испытания нанокompонентной смазочной композиции

### Заключение:

Проведены исследования элементного состава материала поверхностей качения лабораторных роликов до и после проведения трибологических испытаний смазочной композиции (см. рис.), полученной добавлением в товарную пластичную смазку Литол-24 наноразмерных порошков Fe, Ni и Zn. Рентгенофазовым анализом поверхностных слоёв на дифрактометре ДРОН-4 выявили присутствие компонентов добавки в составе поверхностного слоя и

тем самым подтвердили теоретическое предположение об их участии в процессах формирования поверхностного защитного слоя.

В результате трибологических испытаний нанокomпонентной смазочной композиции отмечены улучшение её антифрикционных и противоизносных свойств, а также положительное влияние на стойкость поверхностей качения к усталостному выкрашиванию и шероховатость.

Уменьшение шероховатости поверхностей качения может привести к снижению контактных напряжений, вызванных нормальной нагрузкой, уменьшению момента трения и величины касательных напряжений. Снижение влияния перечисленных факторов может привести к уменьшению амплитуды микропластических сдвигов в материале контактирующих поверхностей, в результате чего материал в большей степени будет подвергаться упругим деформациям [5]. В ходе испытаний установили, что такой эффект приводит к увеличению количества циклов до начала появления первых признаков питтинга и нагрузки, вызывающей усталостное выкрашивание поверхностей качения. Конечным результатом трибомодификации поверхностей качения при использовании нанокomпонентной смазочной композиции в качестве смазочной среды подшипников качения грузового транспорта АПК может стать повышение их средней наработки до отказа.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Казанцев А.А. Формирование и использование грузового автомобильного транспорта в сельскохозяйственных предприятиях : автореф. дис. ... канд. экон. наук / Казанцев А.А. – Воронеж, 2009. – 23 с.

2. Организация транспортных работ по перевозке сельскохозяйственных грузов // Образовательный портал «Справочник». – Дата написания статьи: 31.05.2022. – URL [https://spravochnick.ru/logistika/organizaciya\\_transportnyh\\_rabot\\_po\\_perevozke\\_selskohozyaystvennyh\\_gruzov/](https://spravochnick.ru/logistika/organizaciya_transportnyh_rabot_po_perevozke_selskohozyaystvennyh_gruzov/) (дата обращения: 19.09.2024).

3. Исследование изменения технического состояния основных агрегатов автомобилей КамАЗ в процессе эксплуатации : отчет о НИР / Саратовский политехнический институт. – Саратов, 1980. – 279 с. – Исполн. : Денисов А. С., Басков В. Н., Григорьев С. С. – № ГР 79016627. – Инв. № 981137.

4. Костецкий Б.И. Сопротивление изнашиванию деталей машин. М.–К.: Машгиз, 1959. 185 с.
5. О факторах, влияющих на процессы изнашивания поверхностей качения деталей подшипников / Азаров А.С. В сборнике: Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники. Материалы XXXIV Международной научно-технической конференции имени Михайлова В.В. Саратов, 2021. С. 121–126.
6. Розенберг Ю.А. Влияние смазочных масел на долговечность и надежность деталей машин. М.: Машиностроение, 1970. 315 с.
7. Автомобили КамАЗ. Модели с колёсной формулой 6×4 и 6×6 : руководство по эксплуатации, ремонту и техобслуживанию. – М. : РусьАвтокнига, 2004. – 314 с.
8. Наноразмерные добавки к смазочным средам трибосопряжений в условиях их моделирования / В.В. Сафонов, В.А. Александров, А.С. Азаров, Добринский Э.К. // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2008. №2. С. 8–11.
9. Сергеев Г.Б. Нанохимия : учебное пособие / Г.Б. Сергеев. – М., 2006. – 336 с. : ил.
10. Патент № 678735 СССР, МПК Н 05 В 7/18 ; Н 05 Н 1/26. Электродуговой испаритель / Горяев Г.А., Добринский Э.К., Фридберг А.Э., Фролов В.А. (Россия); № 2577732; заявл. 30.01.1978 ; опубл. 05.08.1979, Бюл. № 29.
11. Азаров А.С. Повышение долговечности подшипников качения ступиц колёс автотракторной техники путём модификации смазочной среды : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Азаров А.С. – Саратов, 2008. – 20 с.
12. [http://kirensky.ru/ru/institute/sci\\_equipment/dron](http://kirensky.ru/ru/institute/sci_equipment/dron).
13. Кузнецова Г.А. Качественный рентгенофазовый анализ : учеб. пособие / Г.А. Кузнецова. – Иркутск, 2004. – 26 с.

## REFERENCES

1. Kazantsev A.A. Formation and use of truck motor transport in agricultural enterprises : abstract. dis. ... Candidate of Economic Sciences / Kazantsev A.A. – Voronezh, 2009. – 23 p.
2. Organization of transport works for the transportation of agricultural goods // Educational portal "Handbook". – Date of writing the article: 31.05.2022. – URL

[https://spravochnick.ru/logistika/organizaciya\\_transportnyh\\_rabot\\_po\\_perevozke\\_selsk\\_ohozyaystvennyh\\_gruzov/](https://spravochnick.ru/logistika/organizaciya_transportnyh_rabot_po_perevozke_selsk_ohozyaystvennyh_gruzov/)(date of application: 19.09.2024).

3. Investigation of changes in the technical condition of the main units of KamAZ vehicles during operation : research report / Saratov Polytechnic Institute. Saratov, 1980. – 279 p. – Performed by : Denisov A. S., Baskov V. N., Grigoriev S. S. – No. GR 79016627. – Inv. No. 981137.

4. Kostetsky B.I. Resistance to wear of machine parts. M.–K.: Mashgiz, 1959. 185 p.

5. On the factors influencing the processes of wear of rolling surfaces of bearing parts / Azarov A.S. In the collection: Problems of efficiency and operation of automotive equipment. Materials of the XXXIV International Scientific and Technical Conference named after Mikhailov V.V. Saratov, 2021. pp. 121–126.

6. Rosenberg Yu.A. The influence of lubricating oils on the durability and reliability of machine parts. Moscow: Mashinostroenie, 1970. 315 p.

7. KamAZ vehicles. Models with a 6×4 and 6×6 wheel formula : operation, repair and maintenance manual. – Moscow : Rusavtobook, 2004. – 314 p.

8. Nanoscale additives to tribo-conjugation lubricants in conditions of their modeling / V.V. Safonov, V.A. Alexandrov, A.S. Azarov, Dobrinsky E.K. // Repair. Recovery. Modernization. 2008. No. 2. pp. 8–11.

9. Sergeev G.B. Nanochemistry: a textbook / G.B. Sergeeva. – M., 2006. – 336 p. : ill.

10. Patent No. 678735 of the USSR, IPC N 05 In 7/18 ; N 05 N 1/26. Electric arc evaporator / Goryaev G.A., Dobrinsky E.K., Friedberg A.E., Frolov V.A. (Russia); No. 2577732; application 30.01.1978 ; publ. 05.08.1979, Bul. No. 29.

11. Azarov A.S. Increasing the durability of rolling bearings of wheel hubs of automotive equipment by modifying the lubricating medium : abstract. dis. ... candidate of Technical Sciences / Azarov A.S. – Saratov, 2008. – 20 p.

12. [http://kirensky.ru/ru/institute/sci\\_equipment/dron](http://kirensky.ru/ru/institute/sci_equipment/dron).

13. Kuznetsova G.A. Qualitative X-ray phase analysis : textbook. the manual / G.A. Kuznetsova. – Irkutsk, 2004. – 26 p.

# НАНОМАТЕРИАЛЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Научная статья

УДК 621.357

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА ЭЛЕКТРОЛИТА И РЕЖИМОВ НАНЕСЕНИЯ ХРОМОВЫХ ПОКРЫТИЙ НА ИХ МИКРОТВЕРДОСТЬ

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

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

**Аннотация:** в статье рассмотрено влияние температуры электролита и плотности тока на микротвердость покрытий гальванического хрома при нанесении его на экспериментальные образцы. Определена зависимость изменения микротвердости от каждого режима в отдельности, выбраны рекомендованные режимы нанесения покрытий для дальнейших исследований.

**Ключевые слова:** гальваническое покрытие, хромирование, температура электролита, плотность тока, микротвердость.

Original article

## DETERMINATION OF THE INFLUENCE OF ELECTROLYTE COMPOSITION AND MODES OF APPLICATION OF CHROME COATINGS ON THEIR MICROHARDNESS

*P.A. Gorbushin, V.V. Safonov, S.A. Shishurin, R.V. Volkov, E.A. Mironova*

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

**Annotation:** the article examines the influence of electrolyte temperature and current density on the microhardness of galvanic chromium coatings when applied to experimental samples. The dependence of the change in microhardness on each mode separately was determined, and recommended coating application modes were selected for further research.

**Keywords:** electroplating, chrome plating, electrolyte temperature, current density, microhardness.

## **Введение:**

Гальванические покрытия нашли широкое применение при восстановлении рабочих поверхностей деталей сельскохозяйственной техники [3, 4, 6]. При этом, многообразие видов гальванических покрытий позволяет применять определенный вид для решения конкретной задачи, оптимизируя физико-механические характеристики получаемых покрытий подбором лучших режимов нанесения.

Гальванические покрытия на основе хрома часто используются при изготовлении деталей для защиты от коррозии и в декоративных целях, однако при соблюдении нужного состава и правильных режимах нанесения твердость таких покрытий превышает твердость сталей в 2,5–3 раза [1, 5]. В связи с этим, актуальной задачей является изучение изменения микротвердости гальванического покрытия на основе хрома от изменения состава электролита, его температуры и плотности тока при нанесении покрытия.

## **Методика проведения испытаний:**

Для получения электролитических покрытий на основе хрома был выбран саморегулирующийся электролит хромирования. Такой электролит широко распространен в ремонтном производстве, так как позволяет получать качественные хромовые покрытия с высокой микротвердостью (8...10 ГПа) [5]. Кроме того, он дает возможность в широком диапазоне изменять физико-механические свойства покрытий при изменении режимов хромирования, что очень важно для исследования получаемых покрытий.

В литературе представлены многочисленные рекомендации по выбору условий электролиза, позволяющие получать покрытия с высокими физико-механическими свойствами [1, 5]. В соответствии с этими рекомендациями были выбраны состав и режимы электролиза, принятые за основу при получении и исследовании свойств нанокomпозиционных электролитических покрытий на основе хрома.

Проработку электролита осуществляли при температуре 45...50 °С, катодной плотности тока 10...15 А/дм<sup>2</sup> и соотношении катодной к анодной площади 5:1.

Технологический процесс получения хромовых покрытий на образцах состоял из следующих основных операций:

1. Механическая обработка до выведения следов коррозии и других несовершенств, а также придания поверхности правильной геометрической формы.

2. Промывка образцов бензином БР-2 «Калоша».

3. Монтаж образцов на подвески и изоляция поверхностей, не подлежащих нанесению покрытия.

4. Химическое обезжиривание, электролит и режимы:

- тринатрийфосфат ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ) – 50 г/л;
- карбонат натрия ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) – 25 г/л;
- гидроксид натрия ( $\text{NaOH}$ ) – 10 г/л;
- температура – 75 °С;
- плотность тока – 6 А/дм<sup>2</sup>;
- время – 5 мин.

5. Промывка в теплой (50 °С), затем в холодной (20 °С) воде.

6. Травление, раствор и режимы:

- соляная кислота ( $\text{HCl}$ ) – 75 мл/л;
- температура – 20 °С;
- время – 5 мин.

7. Промывка в холодной (20 °С) проточной воде.

8. Хромирование, электролит и режимы:

- хромовый ангидрид ( $\text{CrO}_3$ ) – 200...300 г/л;
- калий кремнефтористый ( $\text{K}_2\text{SiF}_6$ ) – 20 г/л;
- барий сернокислый ( $\text{BaSO}_4$ ) – 5 г/л;
- серная кислота ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) – 0,34 мл/л;
- плотность тока – 35...75 А/дм<sup>2</sup>;
- температура – 30...70 °С;
- время – 30 мин.

После загрузки в ванну детали выдерживали без тока 1–2 мин для прогрева. В первые 0,5–1,5 мин давали импульс тока 120 А/дм<sup>2</sup>, затем плотность тока снижали до выбранного значения. Аноды свинцовые, соотношении катодной к анодной площади 2:1.

9. Промывка в непроточной горячей (75 °С), проточной горячей (70 °С), проточной холодной воде (20 °С).

10. Сушка при температуре 100 °С.

11. Обезводороживание при температуре 350 °С в течении 2 ч.

Такая технология позволяла обеспечить получение износостойких хромовых покрытий, прочно сцепляющихся с основным металлом.

Одним из важных свойств покрытий, влияющих на их износостойкость, является микротвердость. Микротвердость покрытий определяли на микротвердомере DuraScan 20 по методу восстановленного отпечатка вдавливанием алмазной пирамиды согласно ГОСТ 9450-76.

С целью исключения влияния твердости основного металла измерение микротвердости получаемых покрытий, измерения микротвердости проводили на металлографических шлифах, путем вдавливания алмазной пирамиды в шлифованный торец исследуемого образца. Шлифы изготавливали по технологии, описанной в других работах авторов [1–3, 6–10]

Для получения отчетливой границы между металлическими слоями после полирования проводили травление шлифов в растворе травления, раствор и режимы:

- соляная кислота (HCl) – 50 мл/л;
- этилового спирта – 100 мл/л;
- температура – 50 °С;
- время – 1 мин.

#### **Результаты испытаний и их обсуждения:**

С целью установления лучших концентрации компонентов CrO<sub>3</sub> и режимов нанесения хромового покрытия были проведены исследования по описанной выше технологии. Степень эффективности оценивали по микротвердости получаемых покрытий.

Для оценки влияния каждого параметра и исключения влияния других параметров, выбранный параметр изменяли с шагом в 10, остальные параметры фиксировали на средних значениях для режима хромирования.

Результаты исследования представлены на рисунках 1–3.

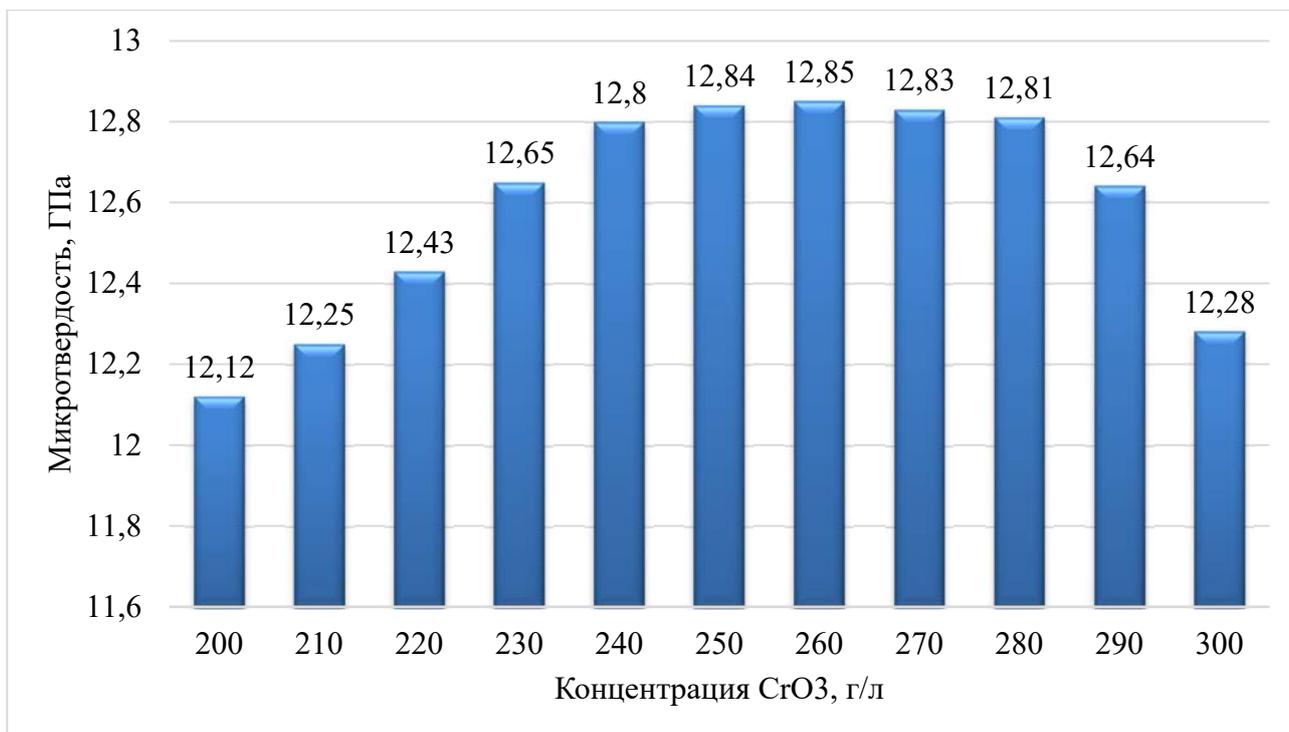


Рисунок 1. Гистограмма зависимости микротвердости получаемого покрытия на основе хрома от концентрации CrO<sub>3</sub>, при фиксации температуры электролита на величине 50 °С, плотности тока на величине 55 А/дм<sup>2</sup>

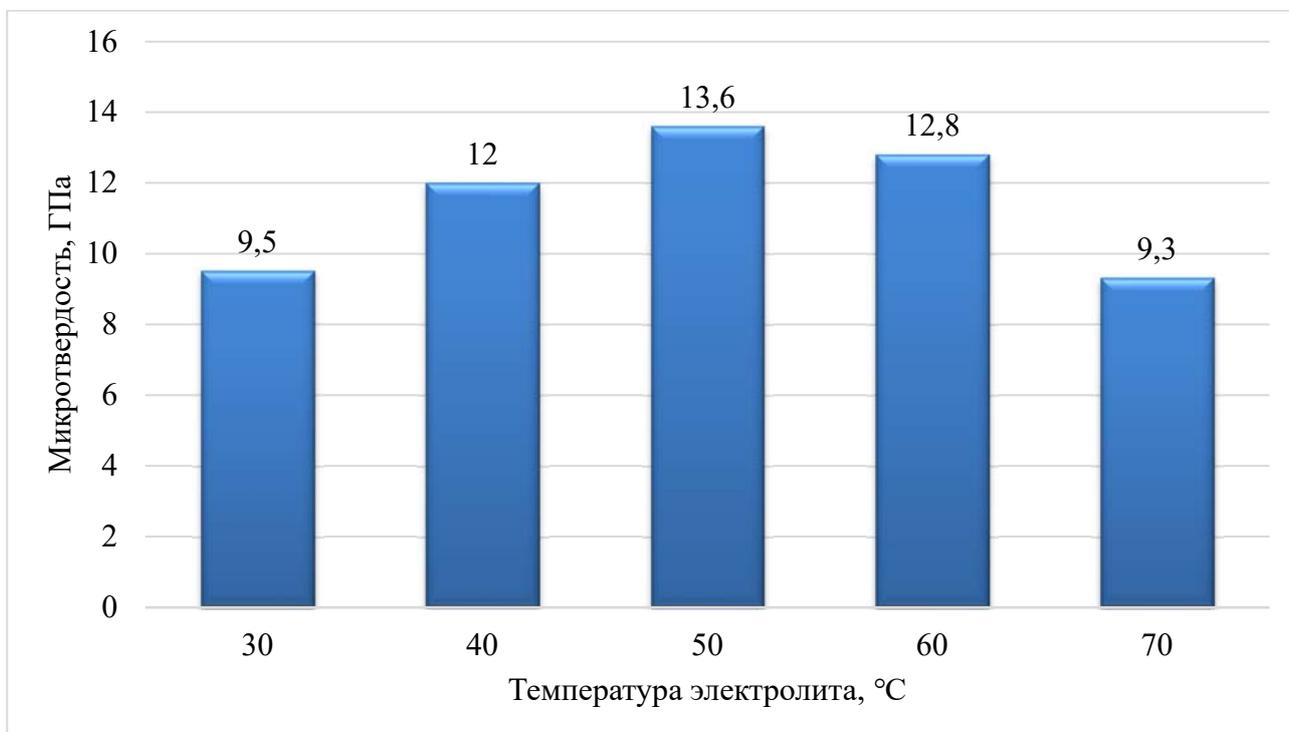


Рисунок 2. Гистограмма зависимости микротвердости получаемого покрытия на основе хрома от температуры электролита при фиксации концентрации CrO<sub>3</sub> на величине 250 г/л, плотности тока на величине 55 А/дм<sup>2</sup>

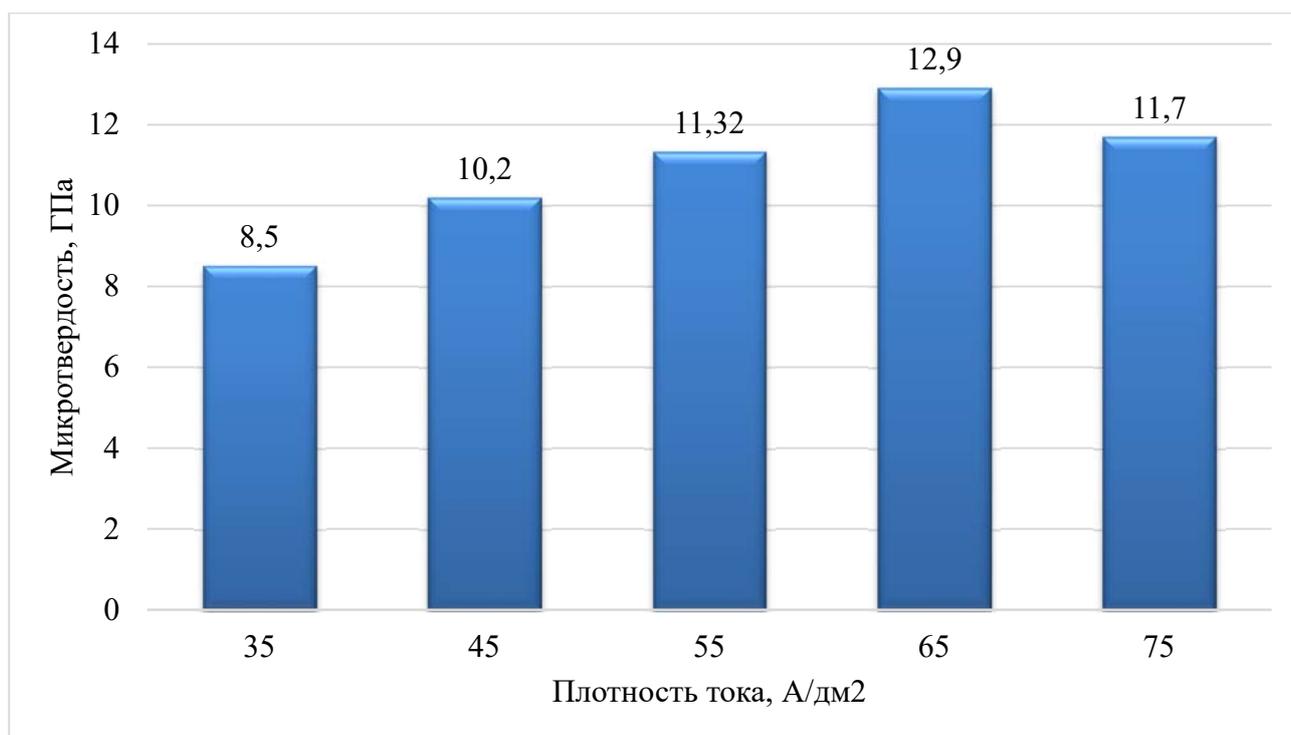


Рисунок 3. Гистограмма зависимости микротвердости получаемого покрытия на основе хрома от плотности тока при фиксации концентрации  $\text{CrO}_3$  на величине 250 г/л, температуры электролита на величине 50 °С

Из представленных данных видно, что наибольшей микротвердостью обладает электролитическое покрытие на основе хрома, полученное при концентрации  $\text{CrO}_3$  – 260 г/л, температуре электролита – 50 °С и плотности тока – 65 А/дм<sup>2</sup>. Полученные данные дают возможность проведения планирования эксперимента для нахождения оптимальных режимов нанесения электролитического покрытия на основе хрома.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Выбор материала наноразмерной фазы и установление режимов нанесения нанокomпозиционных гальванических покрытий на основе хрома / В.В. Сафонов [и др.] // Научная жизнь. – 2021. – Т. 16. – № 3 (115). – С. 338–349.
2. 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.
3. Сафонов В.В. Механизм упрочнения гальванических покрытий деталей сельскохозяйственных машин наноразмерными частицами / В.В. Сафонов, С.А. Шишурин, П.А. Горбушин // Агротехнологическая политика России. – 2023. – № 4 (107). – С. 38–43.

4. Солнцев Ю.П. Специальные материалы в машиностроении : учебник для вузов / Ю.П. Солнцев, Е.И. Пряхин, В.Ю. Пирирайнен. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2024. – 664 с.

5. Таныгина Е.Д. Основы современной гальванотехники : учебно-методическое пособие / Е. Д. Таныгина, Л. Е. Цыганкова. – Тамбов : ТГУ им. Г.Р. Державина, 2023. – 119 с. – ISBN 978-5-00078-729-8. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/416165> (дата обращения: 18.07.2024). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

6. Технология упрочнения и восстановления деталей сельскохозяйственной техники нанокпозиционным гальваническим железнением / В.В. Сафонов [и др.] // Научная жизнь. – 2019. – № 2. – С. 33–42.

7. Application of Composite Electroless Nickel Coatings on Precision Parts of Hydraulics Aggregates / V. Safonov [et al.] // Tribology in Industry. – 2019. – Vol. 41. – No. 1. – P. 14–22.

8. Investigation of Structure and Wear Resistance of Nanocomposite Coating of Chemical Nickel / V. Safonov [et al.] // Tribology in Industry. – 2018. – Vol. 40. – No. 4. – P. 529-537.

9. Influence of nanosized particles on physical and mechanical properties of galvanic zinc coating / P.A. Gorbushin, V.V. Safonov, S.A. Shishurin, V.V. Venskaitis // The Agrarian Scientific Journal. – 2023. – No. 7. – P. 159–165.

10. The Influence of Nanosized Materials on Microhardness of Iron-Based Electroplating / V. Safonov [et al.] // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. – 2019. – Vol. 8, – No. 6. – P. 629–632.

## REFERENCES

1. The choice of a nanoscale phase material and the establishment of modes for applying nanocompositional electroplating coatings based on chromium / V.V. Safonov [et al.] // Scientific Life. – 2021. – Т. 16. – № 3 (115). – Pp. 338–349.

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

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

4. Solntsev Yu.P. Special materials in mechanical engineering : textbook for universities / Yu.P. Solntsev, E.I. Pryakhin, V.Yu. Pirainen. – 4th ed., revised. – St. Petersburg : Lan, 2024. – 664 p.

5. Tanygina E.D. Fundamentals of modern electroplating : an educational and methodological guide / E. D. Tanygina, L. E. Tsygankova. – Tambov : TSU named after G.R. Derzhavin, 2023. – 119 p. – ISBN 978-5-00078-729-8. – Text : electronic // Lan : electronic library system. – URL: <https://e.lanbook.com/book/416165> (date of application: 07/18/2024). – Access mode: for authorization. users.

6. Technology of hardening and restoration of agricultural machinery parts by nanocomposition galvanic hardening / V.V. Safonov [et al.] // *Scientific life*. – 2019. – No. 2. – pp. 33–42.

7. Application of Composite Electroless Nickel Coatings on Precision Parts of Hydraulics Aggregates / V. Safonov [et al.] // *Tribology in Industry*. – 2019. – Vol. 41. – No. 1. – P. 14–22.

8. Investigation of Structure and Wear Resistance of Nanocomposite Coating of Chemical Nickel / V. Safonov [et al.] // *Tribology in Industry*. – 2018. – Vol. 40. – No. 4. – P. 529-537.

9. Influence of nanosized particles on physical and mechanical properties of galvanic zinc coating / P.A. Gorbushin, V.V. Safonov, S.A. Shishurin, V.V. Venskaitis // *The Agrarian Scientific Journal*. – 2023. – No. 7. – P. 159–165.

10. The Influence of Nanosized Materials on Microhardness of Iron-Based Electroplating / V. Safonov [et al.] // *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*. – 2019. – Vol. 8, – No. 6. – P. 629–632.

Научная статья

УДК 62-1.892

## ИССЛЕДОВАНИЕ СМАЧИВАЕМОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ТРЕНИЯ, СФОРМИРОВАННОЙ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ПОРОШКООБРАЗНОЙ ДОБАВКИ К МОТОРНОМУ МАСЛУ

*В.В. Сафонов, С.А. Шишурин, К.В. Сафонов, Е.А. Дудкин, Д.В. Курдюков*

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

**Аннотация:** смачиваемость жидких смазочных материалов может быть оценена величиной краевого угла и является косвенным методом испытания смазочного материала и поверхности твердых тел. Различные смазочные материалы, а также присадки и добавки к ним оказывают существенное влияние на качество поверхностной пленки, формируемой при взаимодействии деталей при трении. В настоящее время широкое распространение имеют добавки к моторным маслам, состоящие из высокодисперсных порошкообразных мягких металлов. В работе определяли краевой угол смачивания метод лежащей капли. Предварительно подготавливали образцы пар трения для их испытания на смачивания с помощью машины трения СМЦ-2. Эффективность смазочных композиций оценивали сравнением величин краевого угла смачивания, полученных на образцах трения – «колодка». Каплю исследуемой жидкости, моторного масла Лукойл 15W-40, пипеткой наносили на поверхности трения экспериментальных колодок: 1 – образец после подготовительной обработки на моторном масле Лукойл 15W-40 (3 ч приработки); 2 – образец, отработанный на масле Лукойл 15W-40 (3 ч приработки + 3 ч испытаний); 3 – образец, отработанный на масле Лукойл 15W-40 с порошкообразной добавкой «Кластер» (3 ч приработки + 3 ч испытаний). Анализ опытных данных показал, что наибольшей смачиваемостью обладает поверхность образца, отработанного на масле Лукойл 15W-40 с порошкообразной добавкой «Кластер». Его величина была в 2,7 раза меньше, чем у образца после подготовительной обработки (приработки) и в 1,8 раза меньше по сравнению с образцом отработанным на моторном масле Лукойл 15W-40.

**Ключевые слова:** моторное масло, краевой угол смачивания, смачиваемость, поверхностный слой, порошкообразная добавка, образцы трения, колодка, машина трения.

Original article

## INVESTIGATION OF THE WETTABILITY OF THE FRICTION SURFACE FORMED BY THE ACTION OF A POWDERED ADDITIVE TO ENGINE OIL

*V.V. Safonov, S.A. Shishurin, K.V. Safonov, E.A. Dudkin, D.V. Kurdyukov*

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

**Abstract:** the wettability of liquid lubricants can be estimated by the value of the edge angle and is an indirect method of testing the lubricant material and the surface of solids. Various lubricants, as well as additives and additives to them, have a significant impact on the quality of the surface film formed by the interaction of parts during friction. Currently, additives to motor oils consisting of highly dispersed powdered soft metals are widely used. The marginal wetting angle of the recumbent drop method was determined in the work. Samples of friction pairs were pre-prepared for their wetting testing using the SMC-2 friction machine. The effectiveness of the mixing compositions was evaluated by comparing the values of the wetting edge angle obtained on friction samples – "pad". A drop of the test liquid, Lukoil 15W-40 engine oil, was pipetted onto the friction surface of the experimental pads: 1 - a sample after preparatory treatment with Lukoil 15W-40 engine oil (3 hours of running-in); 2 – a sample used with Lukoil 15W-40 oil (3 hours of running-in + 3 hours of testing); 3 – sample spent on Lukoil 15W-40 oil with powdered additive "Cluster" (3 hours of run-in + 3 hours of testing). The analysis of experimental data showed that the surface of the sample used in Lukoil 15W-40 oil with the powdered additive "Cluster" has the greatest wettability. Its value was 2.7 times less than that of the image after pretreatment (run-in) and 1.8 times less than that of the sample spent on Lukoil 15W-40 engine oil.

**Keywords:** engine oil, wetting edge angle, wettability, surface layer, powder additive, friction samples, pad, friction machine.

Смачиваемость – физическое взаимодействие жидкости с поверхностью твердого тела или другой жидкости. Смачиваемость бывает двух видов: иммерсионное – когда вся поверхность твердого тела контактирует с жидкостью, и контактное. При контактном виде она состоит из трех фаз – твердой, жидкой и газообразной.

Смачивание зависит от соотношения между силами сцепления молекул жидкости с молекулами или атомами смачиваемого тела (адгезия) и силами взаимного сцепления молекул жидкости (когезия).

Если жидкость контактирует с твердым телом, то существует два варианта:

1 – молекулы жидкости притягиваются друг к другу сильнее, чем к молекулам твердого тела. В результате силы притяжения между молекулами жидкости собирают ее в капельку. В этом случае говорят, что жидкость не смачивает поверхность;

2 – молекулы жидкости притягиваются друг к другу слабее, чем к молекулам твердого тела. В результате жидкость стремится прижаться к поверхности, расплывается по ней. В этом случае говорят, что жидкость смачивает поверхность.

Степень смачивания характеризуется углом смачивания. Угол смачивания, или его еще называют краевым углом смачивания – угол, образованный касательными плоскостями к межфазным поверхностям, ограничивающим смачивающую жидкость, а вершина угла лежит на линии раздела трех фаз.

Смачиваемость жидких смазочных материалов может быть оценена величиной краевого угла и является косвенным методом испытания смазочного материала и поверхности твердых тел. Для гидрофобной поверхности, склонной к

отталкиванию смазочной жидкости, краевой угол будет велик, а для гидрофобной, притягивающей жидкости, значения краевого угла малы. Границей между смачиваемостью и несмачиваемостью является угол  $\theta = 90^\circ$ , или  $\cos \theta = 0$ . Чем меньше угол  $\theta$  и соответственно больше  $\cos \theta$ , тем лучше смачивается поверхность. При остром угле  $\theta$ , т.е. при  $\cos \theta > 0$ , поверхность считается хорошо смачиваемой данной жидкостью. Если угол  $\theta$  тупой, т.е.  $\cos \theta < 0$ , то данной жидкостью поверхность смачивается плохо [1].

Как известно, различные смазочные материалы, а также присадки и добавки к ним оказывают существенное влияние на качество поверхностной пленки, формируемой при взаимодействии деталей при трении.

В настоящее время широкое распространение имеют добавки к моторным маслам, состоящие из высокодисперсных порошкообразных мягких металлов, таких как медь, олово, цинк, алюминий, никель, кобальт, серебро, кадмий, бронза, латунь и др. [2].

Одним из представителей данной добавки является – «Кластер». Это добавка к моторному маслу, состоящая из наноразмерного порошка сплава меди с цинком, легированного серой и фосфором [3, 4, 5]. Для определения влияния данной добавки на качество сформированной под ее воздействием поверхностной пленки, определяли ее смачиваемость моторным маслом.

Существует несколько методов определения смачиваемости поверхности.

Одним из наиболее простых и распространённых методов является метод лежащей капли.

Краевой угол измеряли следующим образом.

Предварительно подготавливали образцы пар трения для их испытания на смачивания с помощью машины трения СМЦ-2.

Для этого использовали пары трения «ролик – колодка», позволяющие имитировать работу трибосопряжения двигателей «поршневое кольцо – гильза». Схема контактирования трущихся деталей данной пары трения представлена на рисунке 1.

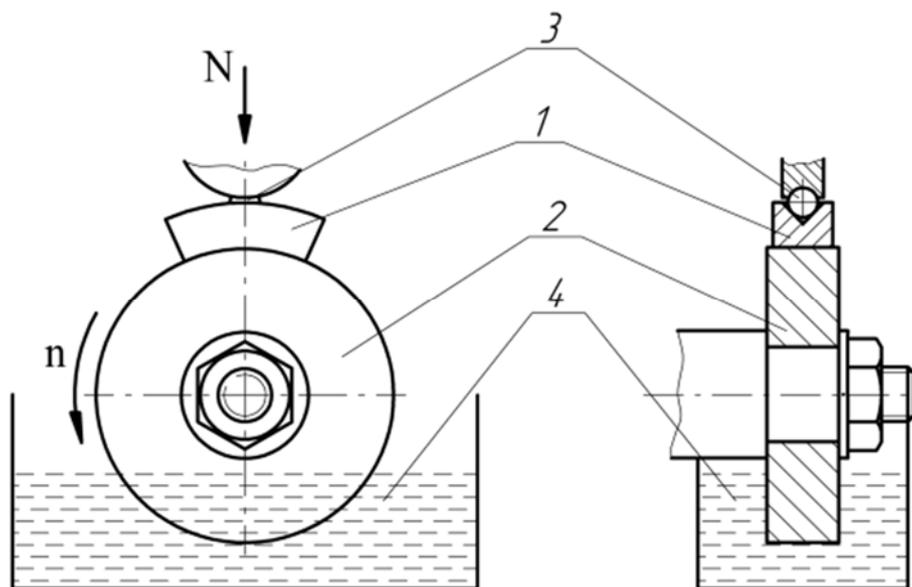


Рисунок 1. Схема контактирования деталей модельной пары трения «ролик – колодка»: 1 – колодка; 2 – ролик; 3 – центрирующий шарик; 4 – резервуар с испытуемой смазочной средой

Элементы модельного трибосопряжения были изготовлены из серого чугуна СЧ-25 (ГОСТ 1412-85) одной плавки. Твердость соответствовала твердости поверхности гильзы цилиндра (190...220 НВ). Наружный диаметр ролика – 50 мм, ширина – 12 мм. Колодки изготавливали из кольца с наружным диаметром 68 мм, внутренний диаметр которого шлифовали под размер ролика. Шероховатость рабочей поверхности ролика и колодки после механической обработки соответствовала 0,32 и 0,63 мкм. Коэффициент взаимного перекрытия образцов – 0,13.

Испытания проводили на машине трения СМЦ-2 при следующих режимах: нагрузка 1,5 кН, частота вращения ролика 500 мин<sup>-1</sup>, продолжительность испытания 3 ч.

Перед испытаниями детали модельных трибосопряжений прирабатывали на моторном масле Лукойл 15W-40 в течение 3 ч на испытательных режимах. Смазку образцов осуществляли погружением нижнего ролика на 1/3 диаметра в смазочную ванну объемом 150 см<sup>3</sup> (см. рисунок 1). Нагрузку на ролики увеличивали от 0 до величины испытательной нагрузки ступенчато по 0,25 кН. Продолжительность работы на каждой ступени нагружения составила 0,5 ч. Нагрузку изменяли при помощи нагрузочного устройства, установленного на машине трения. Критерием окончания приработки служила стабилизация момента трения при максимальной нагрузке.

После окончания приработки детали промывали в бензине-растворителе «Калоша» (ГОСТ 443-76), высушивали на воздухе в течение 24 ч.

Подготовленные таким образом элементы модельных трибосопряжений устанавливали на машину трения и проводили их испытания на экспериментальных смазочных средах для последующего определения краевого угла смачивания. Эффективность их оценивали по сравнению величин краевого угла смачивания замеренного на образце трения – колодке.

Каплю исследуемой жидкости, моторного масла Лукойл 15W-40, пипеткой наносили на поверхности трения экспериментальных колодок: 1 – образец после подготовительной обработки на моторном масле Лукойл 15W-40 (3 ч приработки); 2 – образец, отработанный на чистом масле Лукойл 15W-40 (3 ч приработки + 3 ч испытаний); 3 – образец, отработанный на масле Лукойл 15W-40 с порошкообразной добавкой «Кластер» (3 ч приработки + 3 ч испытаний).

Экспериментальные колодки освещали сильным точечным источником света и проецировали на экран. Колодки с каплями устанавливали параллельно освещаемому пучку лучей, так, чтобы проекция поверхности проецировалась на экран в виде тонкой линии (рисунок 2). Изображение капли на экране обводили карандашом. После чего, на полученном рисунке определяли краевой угол смачивания. В результате получили следующие данные. На образце 1 – краевой угол смачивания имел величину  $\theta_1 = 24^\circ$ .

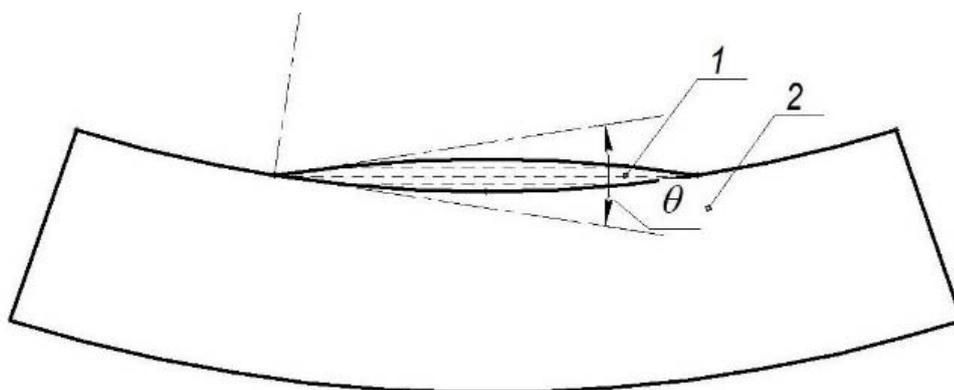


Рисунок 2. Схема определения краевого угла смачивания:  
1 – капля моторного масла; 2 – колодка

Образец 2 – краевой угол смачивания составил  $\theta_2 = 16^\circ$ . В то время как, образец 3 – имел краевой угол смачивания  $\theta_3 = 9^\circ$ .

Анализ опытных данных показал, что наибольшей смачиваемостью обладает поверхность образца, отработанного на масле Лукойл 15W-40 с порошкообразной добавкой «Кластер». Его величина была в 2,7 раза меньше, чем у образца после подготовительной обработки (приработки) и в 1,8 раза меньше по сравнению с образцом отработанным на чистом моторном масле Лукойл 15W-40.

Это объясняется тем, что составляющие добавки «Кластер» модифицируют поверхностные слои детали, качественно изменяя показатели поверхности, тем самым улучшая смачиваемость поверхности. Предлагаемая добавка заполняет микровпадины шероховатости трущихся поверхностей, увеличивая тем самым фактическую площадь контакта. При попадании наноразмерных частиц в зону фактического контакта образцов под действием высоких температур происходит их взаимодействие с поверхностями трения. Это приводит к образованию поверхностной пленки, которая создает ровную трущуюся поверхность. Лучшая смачиваемость сформированной поверхности способствует созданию устойчивого режима смазки, повышая тем самым износостойкость трущихся деталей двигателя.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гельфман М.И., Ковалевич О.В., Юстратов В.П. Коллоидная химия. 5-е изд. стер. – СПб.: Издательство «Лань». – 2010. – 336 с.
2. Елисеев А.А. Функциональные наноматериалы / А.А. Елисеев, А.В. Лукашин ; под ред. Ю.Д. Третьякова. – М.: ФИЗМАТЛИТ. – 2010. – 456 с.

3. Сафонов В.В., Шишурин С.А., Александров В.А. Повышение эффективности эксплуатации сельскохозяйственной техники за счет применения наноматериалов // Нанотехника. – 2009. – № 20. С. 79–80.

4. Пат. 2123030 Российская Федерация, МПК<sup>6</sup> C10M 125/00, C10M 125:04, C10M 125:22, C10M 125:24, C10N 30:06. Смазочная композиция / 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.

5. Остриков В.В., Зимин А.Г., Попов С.Ю., Сафонов В.В. Многофункциональная добавка к моторным маслам / Двигателестроение, № 2 (256). – 2014. – С. 32–35.

## REFERENCES

1. Gelfman M.I., Kovalevich O.V., Yustratov V.P. Colloidal chemistry. 5th ed. revised. – St. Petersburg: Lan Publishing House. – 2010. – 336 p.

2. Eliseev A.A. Functional nanomaterials / A.A. Eliseev, A.V. Lukashin ; edited by Yu.D. Tretyakov. – M.: FIZMATLIT. – 2010. – 456 p.

3. Safonov V.V., Shishurin S.A., Alexandrov V.A. Improving the efficiency of agricultural machinery operation through the use of nanomaterials // Nanotech. – 2009. – No. 20. pp. 79–80.

4. Pat. 2123030 Russian Federation, МПК<sup>6</sup> C10M 125/00, C10M 125:04, C10M 125:22, C10M 125:24, C10N 30:06. Lubricant composition / Safonov V.V., Dobrinsky E.K., Buylov V.N., Semin A.G., Mityushkin A.A., Venskaitis V.V.; applicant and patent holder – No. 97116529/04; application 07.10.1997; publ. 10.12.1998, Bul. No. 34. – 5 p.

5. Ostrikov V.V., Zimin A.G., Popov S.Yu., Safonov V.V. Multifunctional additive to engine oil / Engine building, № 2 (256). – 2014. – Pp. 32–35.

Научная статья

УДК 631.24.08

**ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ МАШИНЫ  
ДЛЯ ОБРЕЗКИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ  
ШПАЛЕРНЫХ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

*Н.А. Андреев, Г.В. Левченко, А.В. Левченко, А.В. Никитин*

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

**Аннотация:** предложена машина для обрезки растительных остатков в защищённом грунте, определены критерии влияющие на конструктивные размеры машины, приведены инженерные расчеты на устойчивость, статическое опрокидывание, сопротивление перекачиванию, массы противовеса.

**Ключевые слова:** закрытый грунт, растительные остатки, машина, конструкция, расчёты.

Original article

**SUBSTANTIATION OF THE DESIGN SCHEME OF A MACHINE FOR  
PRUNING PLANT RESIDUES OF TRELLIS VEGETABLE CROPS**

*N.A. Andreev, G.V. Levchenko, A.V. Levchenko, A.V. Nikitin*

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

**Abstract:** a machine for pruning plant residues in protected soil is proposed, criteria affecting the design dimensions of the machine are determined, engineering calculations for stability, static tipping, rolling resistance, and counterweight weights are given.

**Keywords:** closed ground, plant residues, machine, construction, calculations.

## Введение:

Для повышения производительности производственного процесса уборки растительных остатков шпалерных овощных культур в защищенном грунте необходимо оборудование для обрезки и одновременной уборки растительных остатков [1–4]. При обосновании конструкции машины для выполнения данных технологических операций исходили из особенностей выращивания продукции в защищенном грунте: длины и ширины полуоси теплиц, ширины тепловых регистров, по которым перемещается оборудование. В ФГБОУ ВО Вавиловский университет разработана машина для обрезки и одновременной уборки растительных остатков (патенты РФ № 155434, № 165935) [5, 6].

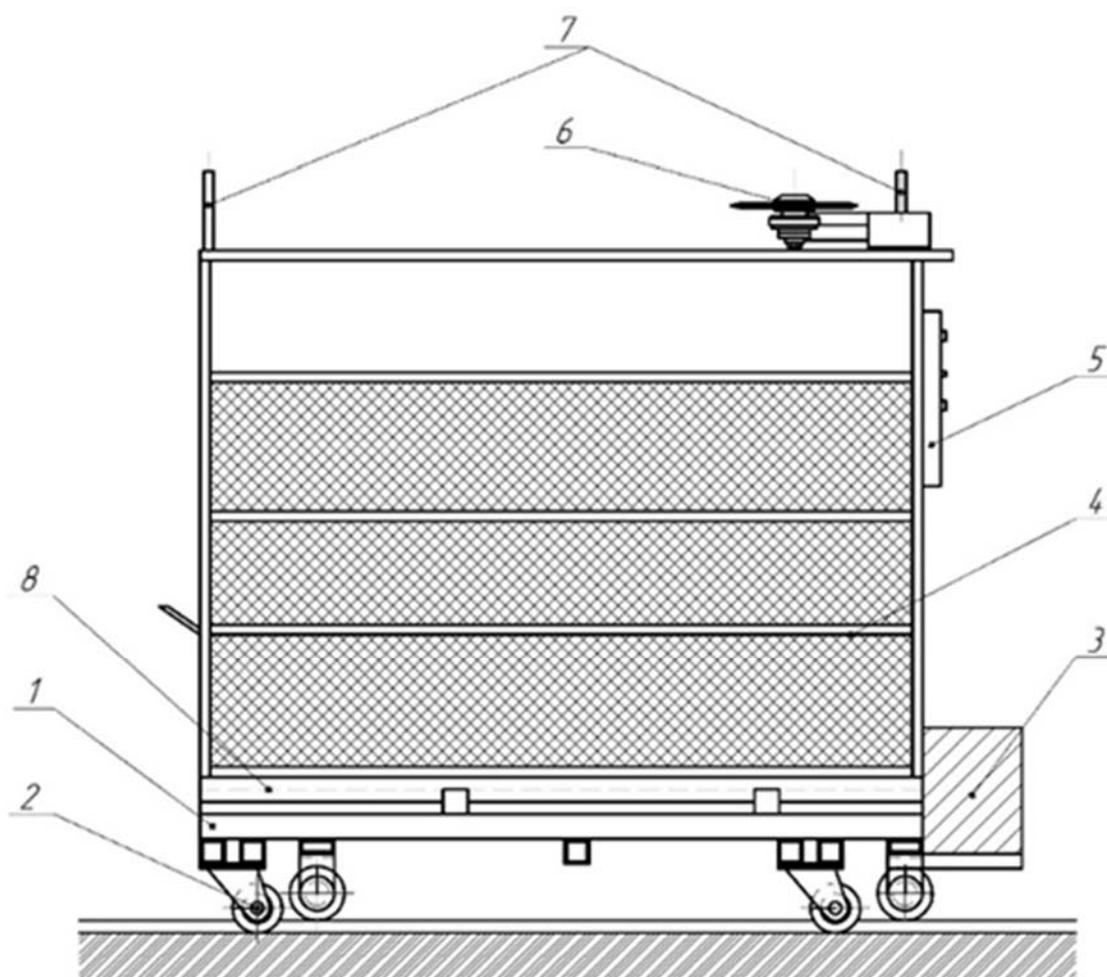


Рисунок 1. Машина для обрезки растительных остатков шпалерных овощных культур закрытого грунта: 1 – рама; 2 – колёса опорные; 3 – привод; 4 – бункер накопитель; 5 – пульт управления; 6 – нож; 7 – ролики направляющие; 8 – платформа подъёмная

### Методика исследований:

При обосновании конструкции машины повели расчеты на поперечную устойчивость, на статическое опрокидывание, определили сопротивление перекачиванию  $F_k$ , массу противовеса [7, 8, 9].

Машина перемещается между полуосями на опорных колёсах, при повороте движется равномерно по кривой с постоянным углом поворота со скоростью  $v_n$ . При этом опорная поверхность поперечного уклона не имеет. При повороте вокруг оси  $Y-Y$  (рис. 2.) возникает центробежная сила  $F_u$ , которая может вызвать опрокидывание или занос:

$$F_u = \frac{(m + m_m) \cdot v_n^2}{r_n} = \frac{(100 + 100) \cdot 1,39^2}{2} = 193,2 \text{ Н}, \quad (1)$$

где  $m$  – масса груза, кг;  $m_m$  – масса машины, кг;  $v_n$  – скорость поворота, м/с;  $r_n$  – радиус поворота, м.

В плоскости дороги действует сила  $F_\phi$  сцепления колеса с дорогой. Опрокидывание конструкции произойдет относительно точки  $O$  если  $F_\phi < F_u$ .

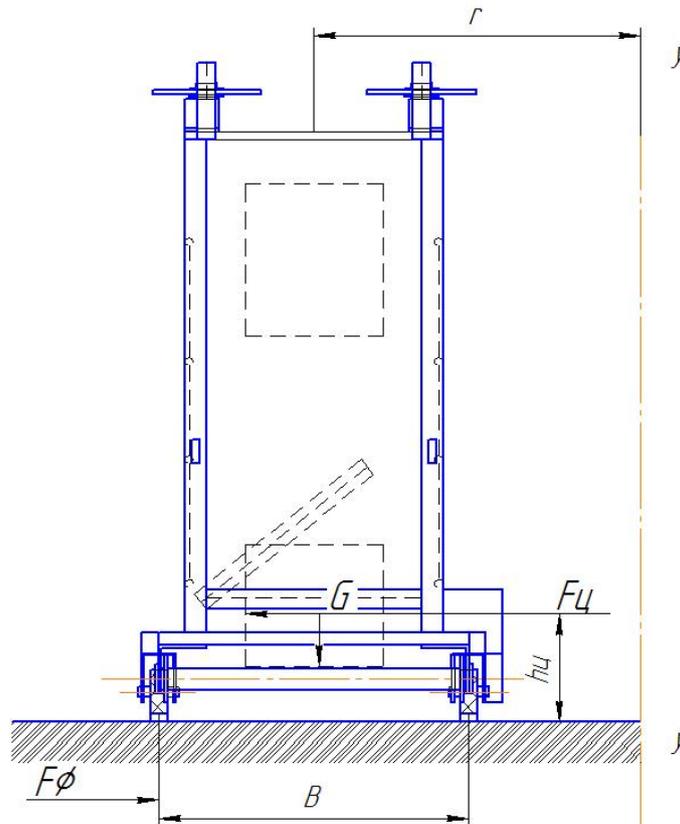


Рисунок 2. Схема сил, действующих на машину при повороте

Для безопасной эксплуатации максимальная (критическая) скорость, при которой начнется опрокидывание, составит:

$$v_{кр} = \sqrt{\frac{g \cdot r_n \cdot B}{2 \cdot h_u}} = \sqrt{\frac{9,81 \cdot 2 \cdot 0,73}{2 \cdot 0,25}} = 5,42 \text{ км/ч}, \quad (2)$$

где  $B$  – ширина колеи, м;  $h_u$  – высота центра тяжести, м.

$$F_\varphi = G \cdot \varphi = (m + m_m) \cdot g \cdot \varphi = (100 + 100) \cdot 9,81 \cdot 0,8 = 1569,6 \text{ Н}, \quad (3)$$

где  $\varphi$  – коэффициент сцепления (для бетона сухого  $\varphi=0,8$ ),

$$F_u = 193,21 \text{ Н} < F_\varphi = 1569,6 \text{ Н}.$$

Опрокидывание машины для обрезки тепличных растительных остатков шпалерных овощных культур происходить не будет, т.к. центробежная сила  $F_u$  меньше силы сцепления  $F_\varphi$ .

Учитывая, что машина движется на направляющих колесах по тепловым регистрам, не имеющим продольного и поперечного уклонов, то статическое опрокидывание исключено.

Соппротивление перекатыванию  $F_k$  зависит от характеристики опорной поверхности, размеров опорного колеса, нагрузки и давления в шине.

С учетом жесткости шины сопротивление перекатыванию  $F_k$  определяли по выражению:

$$F_k = k_c \cdot F_p \cdot \sqrt[3]{\frac{2 \cdot k_\delta}{i \cdot (1 - k_\delta)}} = 1,22 \cdot 500 \cdot \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 0,2}{300 \cdot (1 - 0,2)}} = 72,32 \text{ Н}, \quad (4)$$

где  $k_c$  – коэффициент для шин соответственно низкого и высокого давления ( $k_c = 1,17 \dots 1,3$ );  $F_p$  – расчетная вертикальная нагрузка на колесо, Н;  $k_\delta$  – коэффициент усадки шины ( $k_\delta = \delta/B = 0,2 \dots 0,3$ );  $i$  – жесткость шины, Н/мм ( $i = 300 \dots 400$  МПа).

В процессе работы машина загружается срезанными растительными остатками не равномерно, чтобы обеспечить её устойчивость подобрали противовес, отвечающий требованиям технологического процесса (противовес уравновесил вес привода и ручки машины (рис. 3)).

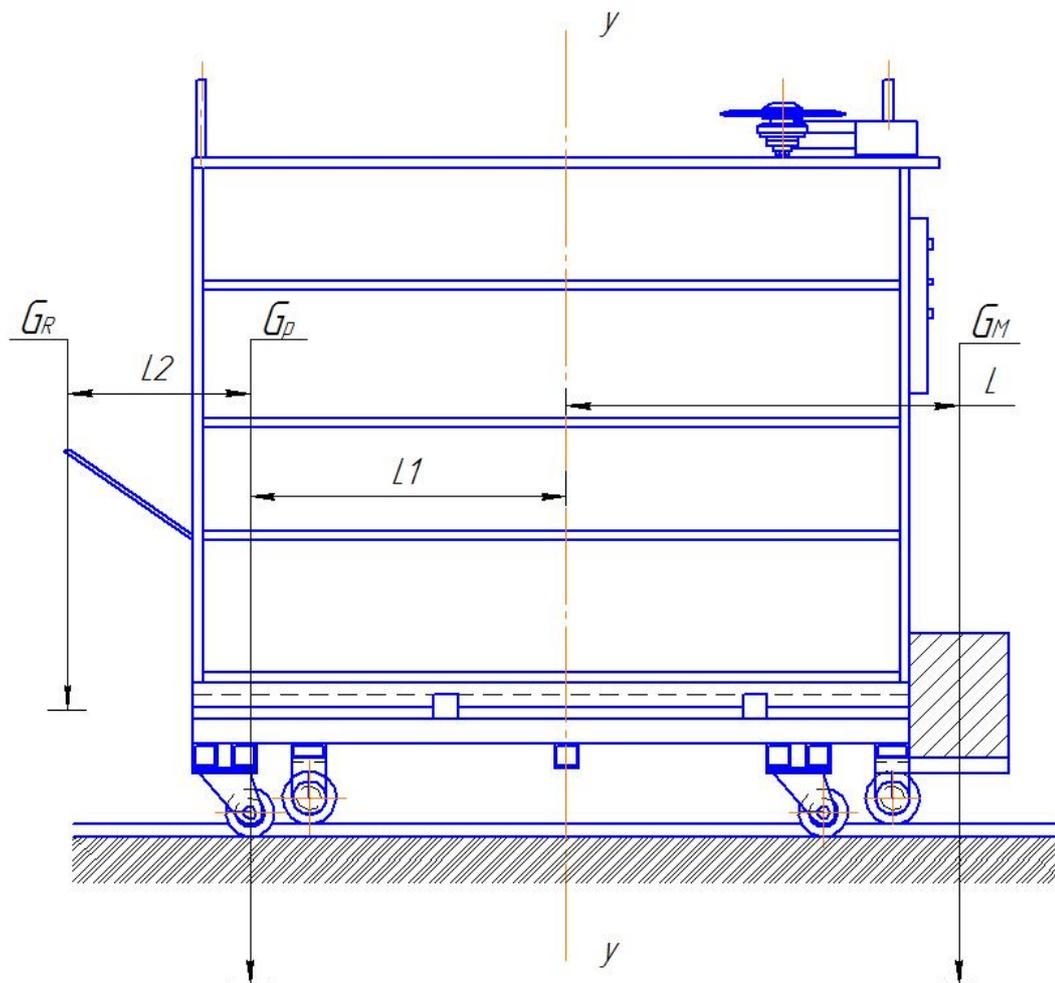


Рисунок 3. Схема сил, действующих на машину

Уравнение момента противовеса определяли из выражения:

$$M_m = M_R + M_P \quad (5)$$

где  $M_m$  – момент противовеса  $M_R$  – момент ручки,  $M_P$  – момент механизма привода.

Масса противовеса составила:

$$m_M = \frac{(l_1 + l_2) \cdot m_R + l_1 \cdot m_P}{l} = \frac{(0.65 + 0.45) \cdot 1.5 + 0.65 \cdot 22}{0.8} = 19.94 \approx 20 \text{ кг.} \quad (6)$$

### Заключение:

На основании проведенных расчетов был изготовлен опытный образец и проведены испытания машины для обрезки растительных остатков шпалерных овощных культур закрытого грунта.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на период 2013–2025 гг. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://mcx.gov.ru/activity/state-support/programs/program-2013-2020 /](https://mcx.gov.ru/activity/state-support/programs/program-2013-2020/), свободный (дата обращения: 10.04. 2024). – Загл. с экрана.

2. AgroXXI [Электронный ресурс]. Статьи / Итоги года 2021 отрасли закрытого грунта: ассоциация Теплицы России. Режим доступа: [https://www.agroxxi.ru/rossiiskie-agronovosti/itogi-goda-2021-otrasli-zakrytogo-grunta-associacija-teplicy-rossii.html /](https://www.agroxxi.ru/rossiiskie-agronovosti/itogi-goda-2021-otrasli-zakrytogo-grunta-associacija-teplicy-rossii.html), свободный (дата обращения: 19.04. 2021). Загл. с экрана.

3. Ассоциация «Теплицы России» [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://rusteplica.ru /](http://rusteplica.ru/), свободный (дата обращения: 19.04. 2024). – Загл. с экрана.

4. Клочков А.В. Механизация работ в плодоовощеводстве / А.В. Клочков. Минск : Дизайн-ПРО, 2002.

5. Патент РФ на полезную модель № 155434 МПК А 01 D 23/30. Машина для обрезки тепличных растительных остатков шпалерных овощных культур / Андреев Н.А., Левченко Г.В., Левченко В.Ф., Жбанов Е.А., Ишентаев Э.Д. - № 2015118517/13; заявл. 19.05.2015; опубл. 10.10.2015, Бюл. № 28.

6. Патент РФ на полезную модель № 165935 МПК А 01 D 23/00. Машина для обрезки тепличных растительных остатков шпалерных овощных культур / Андреев Н.А., Левченко Г.В., Левченко В.Ф., Везиров А.О., Решетов С.А. – № 2016110174/13; заявл. 21.03.2016; опубл. 10.11.2016, Бюл. № 31.

7. Проектирование и расчет подъёмно-транспортирующих машин сельскохозяйственного назначения:/ под ред. Ерохина М.Н./М. «Колос», 2010 г.

8. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Детали машин. Курсовое проектирование: Учеб. пособие для машиностроит. спец, учреждений среднего профессионального образования. - 5-е издание, дополн. – М.: Машиностроение, 2004. – 560 с., ил.

9. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т. М., «Машиностроение», 2001 г.

## REFERENCES

1. The State Program for the Development of agriculture and regulation of agricultural products, raw materials and food markets for the period 2013–2025. [electronic resource]. Access mode: <https://mcx.gov.ru/activity/state-support/programs/program-2013-2020/>, free (accessed: 04/10/2024). Cover from the screen.
2. AgroXXI [Electronic resource]. Articles / Results of the year 2021 of the indoor soil industry: Greenhouse Association of Russia. Access mode: <https://www.agroxxi.ru/rossiiskie-agronovosti/itogi-goda-2021-otrasli-zakrytogo-grunta-associacija-teplicy-rossii.html> /, free (accessed: 04/19/2021). Cover from the screen.
3. Association "Greenhouses of Russia" [Electronic resource]. Access mode: <http://rusteplica.ru/>, free (accessed: 04/19/2024). – Cover from the screen.
4. Klochkov A.V. Mechanization of work in fruit and vegetable growing / A.V. Klochkov. Minsk : Design-PRO, 2002.
5. RF patent for utility model No. 155434 MPK A 01 D 23/30. Machine for pruning greenhouse plants.
6. Patent of the Russian Federation for utility model No. 165935 MPK A 01 D 23/00. Machine for pruning greenhouse vegetable residues of trellis vegetable crops / Andreev N.A., Levchenko G.V., Levchenko V.F., Vezirov A.O., Reshetov S.A. – No. 2016110174/13; application 03/21/2016; publ. 11/10/2016, Byul. No. 31.
7. Design and calculation of lifting and transporting machines for agricultural purposes:/ ed. Erokhina M.N./M. «Kolos», 2010.
8. Dunaev P.F., Lelikov O.P. Machine parts. Course design: Textbook, manual for mechanical engineering. specialists, institutions of secondary vocational education. – 5th edition, supplement. – M.: Mashinostroenie, 2004. – 560 p., ill.
9. Anuryev V.I. Handbook of a machine-building designer: in 3 volumes. M., «Mashinostroenie», 2001.

Научная статья

УДК 631.311; 631.46; 631.872:579.64

## **БАКТЕРИИ И ПИТАНИЕ РАСТЕНИЙ**

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

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

**Аннотация:** характеристика экосистемы производства урожая позволила определить факторы производства питательных веществ для растений. Рассмотрен процесс производства питательных веществ почвенными микроорганизмами – бактериями, которые разделяются по взаимодействию с кислородом воздуха на аэробными (располагаются в почве на глубине 0–15 см) и анаэробными (располагаются в почве на глубине больше 15 см). Аэробные бактерии при наличии кислорода воздуха и воды разлагают органические вещества на нитраты, фосфаты, сульфаты и др. вещества, которые необходимы для растений, а анаэробные бактерии при разложении органических веществ выделяют вредные вещества для растений – это метан, сероводород, альдегиды и др. вещества.

**Ключевые слова:** аэробные бактерии, анаэробные бактерии, плодородие, растения, урожай, экосистема производства урожая, микроорганизмы, органические вещества, почва, питание растений, питательные вещества.

Original article

## **SOIL TILLAGE AND PLANT NUTRITION**

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

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

**Abstract:** the characteristics of the ecosystem of crop production made it possible to determine the factors of production of nutrients for plants. The process of nutrient production by soil microorganisms – bacteria, which are divided by interaction with air oxygen into aerobic (located in the soil at a depth of 0–15 cm) and anaerobic (located in the soil at a depth of more than 15 cm), is considered. Aerobic bacteria, in the presence of oxygen in the air and water, decompose organic substances into nitrates, phosphates, sulfates, etc. substances that are necessary for plants, and anaerobic bacteria, when decomposing organic substances, emit harmful substances for plants - these are methane, hydrogen sulfide, aldehydes, and other substances.

**Keywords:** aerobic bacteria, anaerobic bacteria, fertility, plants, harvest, ecosystem of crop production, microorganisms, organic substances, soil, plant nutrition, nutrients.

## Введение:

Установлено [3, 7], что урожай сельскохозяйственных культур – продукт работы следующей системы, представленной на рис. 1.

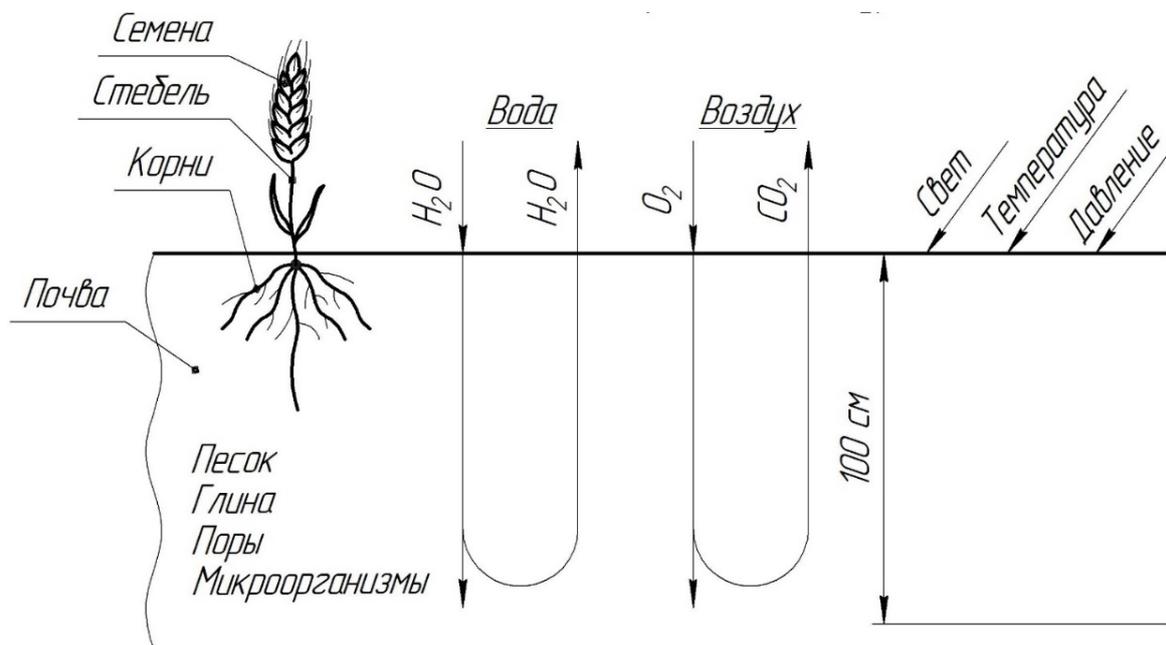


Рисунок 1. Схема экосистемы производства урожая

Экосистема включает почву, состоящую из песка, глины, пор и микроорганизмов. Растения состоят из корней, стеблей и семян. При этом корни растений находятся в почве. Почва находится в контакте с атмосферой, состоящей из воды и воздуха. На почву действует свет, температура и атмосферное давление. Также для производства урожая (семян) почва должна обладать плодородием.

Согласно ГОСТ 27593-88 «Почвы. Термины и определения» плодородие почвы – это способность почвы удовлетворять потребность растений в элементах питания, влаги и воздухе, а также обеспечивать условия для их нормальной жизнедеятельности [1].

Анализируя факторы, входящие в экосистему, можно заключить, что песок, глина и поры не создают питательных веществ для растений [2, 7, 8], поэтому следует установить роль микроорганизмов в экосистеме.

Цель исследований – установить роль микроорганизмов в почве.

## Методика исследований:

Исследования проводили путем анализа различных источников информации.

## Результаты исследований:

Установлено [3, 4, 9, 10], что микроорганизмы в основном состоят из бактерий, которые разделяются по взаимодействию с кислородом воздуха на аэробные и анаэробные. Аэробные бактерии находятся в верхней части почвы на глубине до 15 см, т.е. на глубине, в которую хорошо проникает кислород воздуха [4, 5, 11, 12]. На глубине больше 15 см проникновение кислорода

затруднительно, поэтому ниже 15 см находится бактерии, которые существуют без кислорода, т.е. анаэробные бактерии [4, 5, 13].

Аэробные бактерии при наличии кислорода и воды разлагают органические вещества на нитраты, фосфаты, сульфаты и другие вещества необходимые для растений [5, 14, 15].

Анаэробные бактерии при разложении органических веществ выделяют вредные вещества для растений – это метан, сероводород, альдегиды и другие вещества [5, 14, 15].

При разложении органических веществ (мертвых корней) аэробными бактериями образуются питательные вещества, которые переходят в почвенный раствор и поступает к корням новых растений.

В результате исследований установлено, что аэробные бактерии являются источником питательных веществ для растений и находятся в слое почвы глубиной 0–15 см.

#### **Заключение:**

В рассматриваемой экосистеме мертвые корни растений являются материалом для образования питательных веществ. Этот материал перерабатывается аэробными бактериями в полезные для растений вещества. Для повышения эффективности экосистемы необходимо увеличивать поступление в слой почвы 0–15 см кислорода воздуха, воды и органических веществ (стеблей растений) путем крошения и перемешивания этого слоя механическим способом.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 27593-88. Почвы. Термины и определения. Межгосударственный стандарт [Электронный ресурс] / АО «Кодекс». Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200007341> (дата обращения: 22.04.2024).

2. Почва [Электронный ресурс] / Научно-образовательный портал «Большая российская энциклопедия». – Режим доступа: <https://bigenc.ru/c/pochva-a23782> (дата обращения: 22.04.2024).

3. Плодородие почвы [Электронный ресурс] / Научно-образовательный портал «Большая российская энциклопедия». – Режим доступа: <https://bigenc.ru/c/plodorodie-pochvy-f402ef> (дата обращения: 22.04.2024).

4. Анализ жизнедеятельности микроорганизмов почвы [Электронный ресурс] / Научная библиотека им. А.Н. Игнатова. – Режим доступа: [http://www.f-mx.ru/selskoe\\_lesnoe\\_hozyajstvo\\_i/analiz\\_zhiznedeyatelnosti.html](http://www.f-mx.ru/selskoe_lesnoe_hozyajstvo_i/analiz_zhiznedeyatelnosti.html) (дата обращения: 22.04.2024).

5. Ремер Т., Шефер Ф. Общее земледелие / И. Ремер, Ф. Шефер / Пер. с нем. М.-Л.: Гос. Изд. кол. и сов. литературы, 1935. – 392 с.

6. Данилова Е.Д. Исследования почвенной микрофлоры / Е.Д. Данилова. – Текст: электронный // NovaInfo, 2017. – № 60. – С. 15–27. – Режим доступа: <https://novainfo.ru/article/11402> (дата обращения: 22.04.2024).

7. Анализ жизнедеятельности микроорганизмов почвы [Электронный ресурс] / Научная библиотека им. А.Н. Игнатова. – Режим доступа: [http://www.f-mx.ru/selskoe\\_lesnoe\\_hozyajstvo\\_i/analiz\\_zhiznedeyatelnosti.html](http://www.f-mx.ru/selskoe_lesnoe_hozyajstvo_i/analiz_zhiznedeyatelnosti.html) (дата обращения: 22.04.2024).
8. Нетрусов А.И., Котова И.Б. Микробиология [Текст]: учебник для студ. высш. учеб. заведений / А.И. Нетрусов, И.Б. Котова. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 288 с. – ISBN 978-5-7696-3968-8.
9. Пяткин К.Д. Микробиология [Текст]: учебник / К.Д. Пяткин, Ю.С. Кривошеин. – 4-е изд. – М.: Медицина, 1981. – 512 с.
10. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы [Текст]: монография / Д.Г. Звягинцев. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 256 с.
11. Савич В.И., Мосина Л.В. и др. Микробиологическая активность почв как фактор почвообразования [Текст]: статья / В.И. Савич, Л.В. Мосина, Ж. Норовсурэн, О.Д. Сидоренко, Д.С. Аникина // Международный сельскохозяйственный журнал. № 1 (367) / 2019. – С. 38-42. – DOI: 10.24411/2587-6740-2019-11010.
12. Стифеев А.И., Лазарев В.И., Никитина О.В. Роль микроорганизмов в круговороте веществ и почвенном плодородии Центрального Черноземья [Электронный ресурс]: статья // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. – № 9. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-mikroorganizmov-v-krugovorote-veschestv-i-rochvennom-plodorodii-tsentralnogo-chnozemya> (дата обращения: 22.04.2024).
13. Звягинцев Д.Г., Голимбет В.Е. Динамика микробной численности, биомассы и продуктивность сообществ // Успехи микробиологии. – 1983. – Вып. 18. – С. 215–231.
14. Почвенные микроорганизмы [Электронный ресурс] // Большая советская энциклопедия. в 30-ти т. – 3-е изд. – М.: Советская энциклопедия, 1969–1986. ил., карт. – Режим доступа: <https://www.booksite.ru/fulltext/1/001/008/092/089.htm> (дата обращения: 22.04.2024).
15. Микроорганизмы, обнаруженные в почве [Электронный ресурс]: статья // Информация // ООО «Биомедиа». – Режим доступа: <https://biomedia.ru/info/articles/mikroorganizmy-obnaruzhennye-v-pochve/> (дата обращения: 22.04.2024).

## REFERENCES

1. GOST 27593-88. Soils. Terms and definition. Interstate standard [Electronic resource] / JSC «Kodeks». Electronic fund of legal, regulatory and technical documents. – Access mode: <https://docs.cntd.ru/document/1200007341> (date of access: 04.22.2024).
2. Soil [Electronic resource] / Scientific and educational portal «Big Russian Encyclopedia». – Access mode: <https://bigenc.ru/c/pochva-a23782> (date of access: 04.22.2024).

3. Fertility of the Earth [Electronic resource] / Scientific and educational portal «Big Russian Encyclopedia». – Access mode: <https://bigenc.ru/c/plodorodie-pochvy-f402ef> (access date: 04.22.2024).
4. Analysis of the activities of land cleaners [Electronic resource] / Scientific Library named after. A.N. Ignatova. – Access mode: [http://www.fmx.ru/selskoe\\_lesnoe\\_xozyajstvo\\_i/analiz\\_zhiznedeyatelnosti.html](http://www.fmx.ru/selskoe_lesnoe_xozyajstvo_i/analiz_zhiznedeyatelnosti.html) (access date: 04.22.2024).
5. Remer T., Schaefer F. General agriculture I. Remer, F. Schaefer / Transl. with him. M.-L.: State. Ed. count and owls literature, 1935. – 392 p.
6. Danilova E.D. Studies of soil microflora / E.D. Danilova. – Text: electronic // NovaInfo, 2017. – No. 60 – pp. 15–27. – Access mode: <https://novainfo.ru/article/11402> (date of access: 04.22.2024).
7. Analysis of the vital activity of soil microorganisms [Electronic resource] / Scientific Library named after. A.N. Ignatova. – Access mode: [http://www.fmx.ru/selskoe\\_lesnoe\\_xozyajstvo\\_i/analiz\\_zhiznedeyatelnosti.html](http://www.fmx.ru/selskoe_lesnoe_xozyajstvo_i/analiz_zhiznedeyatelnosti.html) (access date: 04.22.2024).
8. Netrusov A.I., Kotova I.B. Microbiology [Text]: textbook for students. higher textbook institutions / A.I. Netrusov, I.B. Kotova. – M.: Publishing center «Academy», 2007. – 288 p. – ISBN 978-5-7696-3968-8.
9. Pyatkin K.D. Microbiology [Text]: textbook / K.D. Pyatkin, Yu.S. Krivoshein. – 4th ed. – M.: Medicine, 1981. – 512 p.
10. Zvyagintsev D.G. Soil and microorganisms [Text]: monograph / D.G. Zvyagintsev. – M.: Moscow State University Publishing House, 1987. – 256 p.
11. Savich V.I., Mosina L.V. and others. Microbiological activity of soils as a factor of soil formation [Text]: article / V.I. Savich, L.V. Mosina, J. Norovsuren, O.D. Sidorenko, D.S. Anikina // International Agricultural Journal No. 1 (367) / 2019. – p. 38–42. – DOI: 10.24411/2587-6740-2019-11010.
12. Stifeev A.I., Lazarev V.I., Nikitina O.V. The role of microorganisms in the cycle of substances and soil fertility in the Central Black Earth Region [Electronic resource]: article // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2019. – No. 9. – Access mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-mikroorganizmov-v-krugovorote-veschestv-i-pochvennom-plodorodii-tsentralnogo-chernozemya> (date of access: 04.22.2024).
13. Zvyagintsev D.G., Golimbet V.E. Dynamics of microbial abundance, biomass and productivity of communities // Advances in microbiology. – 1983. – Issue 18. – P. 215–231.
14. Soil microorganisms [Electronic resource] // Great Soviet Encyclopedia. in 30 volumes. – 3rd ed. – M.: Soviet Encyclopedia, 1969. – 1986. ill., maps. – Access mode: <https://www.booksite.ru/fulltext/1/001/008/092/089.htm> (access date: 04.22.2024).
15. Microorganisms found in soil [Electronic resource]: article // Information // Biomedica LLC. – Access mode: <https://bio-media.ru/info/articles/mikroorganizmy-obnaruzhennye-v-pochve/> (access date: 04.22.2024).

Научная статья

УДК 631.31 (470.44)

## **УПРАВЛЕНИЕ ЗАДЕЛКОЙ ПОЖНИВНЫМИ ОСТАТКАМИ ПРИ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКЕ ПОЧВЫ В ЗАСУШЛИВОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ**

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

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

**Аннотация:** с целью повышения качества заделки в почву пожнивных и растительных остатков приведены результаты экспериментальных исследований заделки пожнивных остатков проса и распределения их по глубине обрабатываемого слоя почвы серийным лемешно-отвальным плугом ПНЛ-8-40 без предплужников и разработанным в университете плугом ПБС-8М. Плуг ПБС-8М конструктивно принципиально отличается от широко применяемого известного плуга ПНЛ-8-40 и позволяет уложить слой соломы толщиной 5–12 см на глубине 8–15 см от поверхности пашни. Технологические показатели заделки стерни плуга ПБС-8М способствуют лучшей интенсификации процессов минерализации и гумификации. Показатели плотности и водопроницаемости почвы в слое 0–30 см после первой культивации пара и пред посевом озимой пшеницы указывают на равнозначность у обоих плугов. Полученная за 2018–2020 гг. средняя урожайность озимой пшеницы по обработанной почве ПБС 24 ц/га не ниже средней 23,5 ц/га по обработанной почве ПНЛ. Эксплуатационные показатели – производительность и погектарный расход топлива, свидетельствуют о экономической целесообразности широкого использования разработанных в университете лемешно-отвальных плугов серии ПБС.

**Ключевые слова:** технология, плуг, пожнивные остатки, стерня, глубина, плотность, водопроницаемость почвы, производительность, расход топлива.

Original article

## **MANAGEMENT OF THE PLANTING OF CROP RESIDUES DURING BASIC TILLAGE IN ARID AGRICULTURE**

*V.M. Boikov, S.V. Startsev, A.V. Pavlov, E.S. Nesterov*

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

**Abstract:** in order to improve the quality of embedding crop and plant residues into the soil, the results of experimental studies of plowing millet crop residues and their distribution over the depth of the cultivated soil layer with a serial ploughshare plow PNL-8-40 without ploughshares and a plow PBS-8M developed at the university are presented. The PBS-8M plow is structurally fundamentally different from the widely used well-known PNL-8-40 plow and allows you to lay a layer of straw 5–12 cm thick at a depth of 8–15 cm from the surface of the arable land. Technological indicators of

stubble sealing of the PBS-8M plow contribute to a better intensification of mineralization and humification processes. Indicators of soil density and water permeability in the 0–30 cm layer after the first steam cultivation and before sowing winter wheat indicate equivalence in both plows. The average yield of winter wheat obtained in 2018–2020 for treated soil of 24 c/ha is not lower than the average 23,5 c/ha for treated soil of PNL. Operational indicators – productivity and per-hectare fuel consumption, indicate the economic feasibility of widespread use of the PBS series ploughshares developed at the university.

**Keywords:** technology, plow, crop residues, stubble, depth, density, soil permeability, productivity, fuel consumption.

### **Введение:**

Важнейшим показателем плодородия почвы является содержание в них органических веществ [1]. Послеуборочные растительные остатки в виде соломы, половы, корней сельскохозяйственных культур могут быть доступными и дешевыми продуктами воспроизводства органики и элементов питания в пахотных почвах. Запашка соломы в почву повышает структурно-агрегатный состав и микробиологическую активность почвы, после её разложения увеличивается количество водопрочных агрегатов и некапиллярная пористость почвы, снижается эродируемая фракция почвы, погибают семена сорных растений и возбудители ряда болезней. Пожнивные остатки используют в качестве мульчи для борьбы с водой и ветровой эрозией. Мульчирование создает благоприятные условия для впитывания воды в почву, уменьшает опасность поверхностного стока, ослабевают процессы испарения влаги [2, 3].

Пожнивные остатки, возвращенные в почву, наряду с улучшением ее качества и продуктивности, снижают объемы применения минеральных удобрений. Управление растительными остатками также может быть полезной стратегией для поглощения углерода, сохранения его в почве и сокращения выбросов парниковых газов в атмосферу.

Действие пожнивных остатков на агрофизические свойства почвы и как следствие величину и качество будущего урожая во многом зависит от интенсивности разложения органики микроорганизмами [3, 4]. Чтобы почвенные организмы могли атаковать солому, необходимо комбайном измельчить и слегка повредить её поверхность, механически быстро перемешать с почвой [2–4]. Измельченная солома более влагоемка, по сравнению с цельной, более гигроскопична, равномернее распределяется по слоям почвы и становится более доступной для микрофлоры. Согласно агротехническим требованиям 75 % частиц измельченной соломы должны быть цилиндрической формы с размочаленными концами, оставшиеся 25 % частиц расщеплены продольно. Длина частиц должна составлять в среднем 50–100 мм и возможно более длинные частицы до 150–250 мм [5].

В Саратовской области общая посевная площадь сельскохозяйственных культур составляет 4219,1 тыс. га, из которой 2337,3 тыс. га зерновые и зернобобовые культуры, 1692,5 тыс. га технические, 153,5 тыс. га кукурузы на

зерно [6]. Большая доля убираемых культур с оставлением незерновой части урожая размещается в левобережной засушливой зоне Нижнего Поволжья. Внесение соломы на этих полях достаточно сложный агроприем, успех проведения которого определяется многими факторами как объективными, зависящими от погоды, типа почвы, урожая соломы, так и субъективными, экономическим состоянием хозяйства, наличием соответствующей материально-технической базы.

Урожайность незерновой части урожая зернобобовых колеблется от 1,2 до 2,0 раз выше, чем биологическая часть основной продукции [4]. Зерновые и зернобобовые, технические культуры в нашем регионе убираются зерноуборочными комбайнами, технология уборки соломы включает её измельчение, разбрасывание по стерневому фону поля или укладки в виде валка. При этом высота стерни у зерновых, кукурузы составляет до 15 см, рапса до 30 см, подсолнечника до 80 см. После распределения соломы по полю приступают к обработке почвы с заделкой пожнивных остатков. Обработки по типу черного пара включают в себя дисковое лушение в один-два следа на глубину 5-6 см и отвальную вспашку на глубину 20–25 см. Осенняя заделка позволяет почти полностью завершить процесс минерализации растительных остатков до начала весенних полевых работ. К тому же, чем больше времени пожнивные остатки находятся на поверхности, тем меньше полезных элементов в них остаётся.

#### **Методика исследований:**

Из технических средств для поверхностной обработки почвы и измельчения высокостоящей стерни применяют дисковые орудия: лушители, дисковые бороны, дискаторы, ножевые измельчители стерни. Для глубокой заделки пожнивных остатков используют зарубежные или отечественные загонные и оборотные лемешно-отвальные плуги ПЛН, ПНЛ, ПНО, а также разработанные в университете навесные и прицепные плуги серии ПБС. Для управления заделкой стерни на раме плуга ПЛН устанавливается предплужник, а в корпусе плуга применяются отвалы различной формы: культурный, полувинтовой или винтовой. Плуги серии ПБС не имеют предплужника, часть пласта почвы крошится левым лемехом, другая часть крошится правым лемехом, сдвигается, оборачивается и укладывается на раскрошенную левую часть [7].

Экспериментальные исследования заделки пожнивных остатков проводили в засушливой зоне Левобережного района Саратовской области в условиях хозяйства с. Степное Энгельского района. Исследования проводились согласно СТО АИСТ 4.1–2004. «Метод определения степени и глубины заделки стерни. Машины и орудия для глубокой обработки почвы». Агрофоном служило поле после уборки проса комбайнами с измельчителями-разбрасывателями соломы. Рельеф поля был ровный. Влажность почвы по глубине обрабатываемого слоя 0–24 см составляла 20,2–22,0 %. Масса пожнивных и растительных остатков составляла в среднем 436 г/м<sup>2</sup>, а высота стерни 18 см. Серийный плуг ПНЛ-8-40 и разработанный плуг ПБС-8М агрегатировались тракторами К-701 (рисунок 1, а, б).



Рисунок 1. Пахотные агрегаты: а) К-701+ПНЛ-8-40; б) К-701+ПБС-8М

### Результаты исследований:

При запашке плугом ПНЛ-8-40 без предплужников солома и стерня проса были заделаны в пахотный слой неравномерно, как по глубине, так и по ширине захвата плуга (рисунок 2, а). Уложены рядами различной формы и разным количеством. Расстояние между рядами соломы на глубине заделки 12–20 см составляло от 20 до 30 см. На поверхности пашни наблюдались частицы соломы в рядах смыкания пластов почвы и находились на расстоянии 30–60 см. При этом стерня и солома на этой глубине находилась в наклоненном и в горизонтальном положении.



Рисунок 2. Распределение пожнивных остатков плуга: а) ПНЛ-8-40; б) ПБС-8М

Аналогичные исследования плуга ПБС (рисунок 2, б) на этом же поле показали, что в вертикально-поперечной плоскости сечения обработанного пласта на глубину 24 см стерня распределена слоем 5–12 см на глубине 8–15 см. Технологические показатели заделки стерни плуга ПБС-8М способствуют лучшему доступу кислорода и атмосферной влаги, интенсификации процессов минерализации и гумификации.

Совместно с учеными-агрономами университета выполнены исследования водно-физических свойств почвы после работы агрегатов с серийным и разработанным плугами [8]. Из диаграмм изменения плотности и водопроницаемости почвы в слое 0–30 см после первой культивации пара и пред посевом озимой пшеницы следует о равнозначности показателей (рисунки 3 и 4). Полученная за 2018–2020 гг. средняя урожайность озимой пшеницы по обработанной почве ПБС 24 ц/га не ниже средней 23,5 ц/га по обработанной почве ПНЛ.

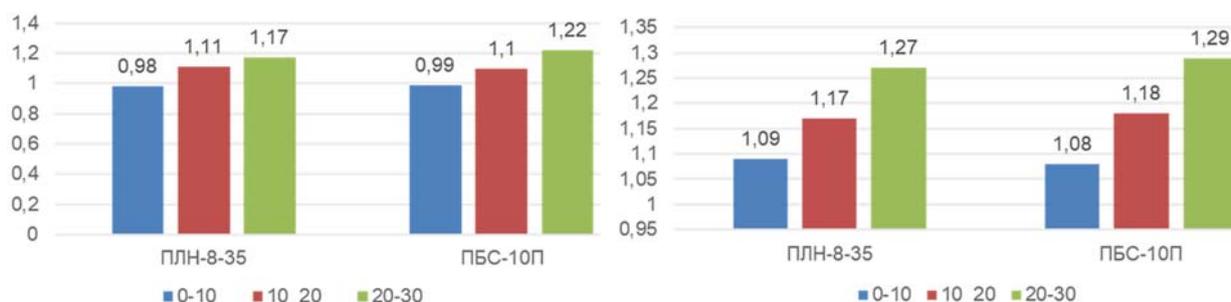


Рисунок 3. Диаграмма изменения плотности почвы ( $\text{г/см}^3$ ) в слое 0–30см: а) после первой культивации; б) перед посевом озимой пшеницы

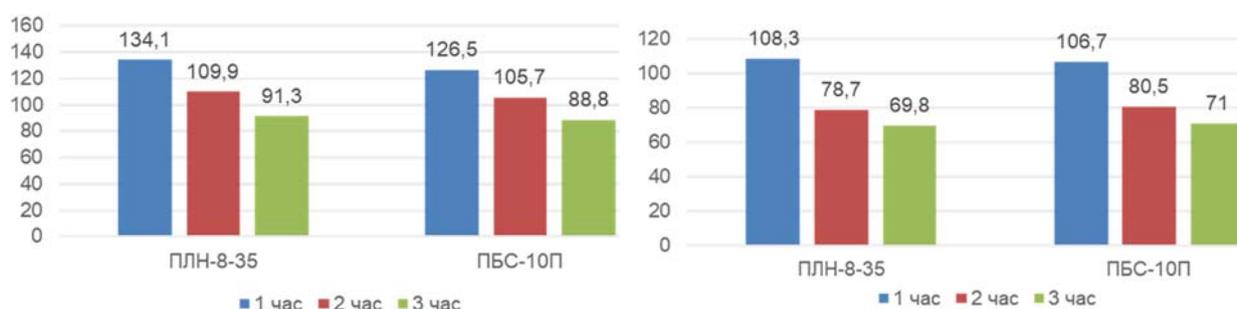


Рисунок 4. Диаграмма изменения водопроницаемости почвы ( $\text{мм/ч}$ ) в слое 0–30см: а) после первой культивации; б) перед посевом озимой пшеницы

Расчеты и полевые эксперименты исследований эксплуатационных показателей агрегатов с плугами ПЛН и ПБС позволили установить, что часовая производительность 8-ми корпусного плуга ПБС на 33,3 % выше производительности 8-ми корпусного плуга ПЛН. Расход топлива на скорости 9,12 км/ч К-701+ПЛН-8-40 составляет 17,44 кг/га, К-701+ПБС-8М – 13,59 кг/га, ниже на 22 %.

#### Заключение:

Полевые исследования заделки пожнивных остатков зерновых культур серийным лемешно-отвальным плугом ПЛН-8-40, не оснащенным предплужниками, показали, что солома, полова и стерня заделываются в почву в соответствии с установленными агротехническими требованиями, более 80 %. Пожнивные и растительные остатки располагаются в основной массе в глубоких слоях обрабатываемой почвы. Часть жнивья в наклонном положении находится в местах смыкания пластов смежных проходов корпусов плугов. Конструкция лемешно-отвальной поверхности корпуса не позволяет управлять верхним обогащенным органикой слоем.

В результате проведенных экспериментальных исследований обработки почвы агрегатом К-701+ПБС-8М установлено, что степень заделки стерни удовлетворяет установленным агротехническим требованиям. Глубина и характер распределения незерновой части урожая проса по профилю пахотного

слоя свидетельствует о наличии слоя толщиной 5–12 см на глубине 8–15 см от поверхности пашни. Технологические показатели заделки стерни плуга ПБС-8М способствуют лучшей интенсификации процессов минерализации и гумификации.

Эксплуатационные показатели – производительность и погектарный расход топлива, свидетельствуют о экономической целесообразности широкого использования разработанных в университете лемешно-отвальных плугов серии ПБС.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Русакова И.В. Теоретические основы и методы управления плодородием почв при использовании растительных остатков в земледелии: ФГБНУ ВНИИОУ, 2016. – 131 с.

2. Агрохимия. Учебник / В.Г. Минеев, В.Г. Сычев, Г.П. Гамзиков и др.; под ред. В.Г. Минеева. – М.: Изд-во ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 2017. – 854 с.

3. Научные основы применения соломы в качестве органического удобрения [Электронный ресурс] URL: <https://universityagro.ru/агрохимия/солома/> (дата обращения 09.02.2024).

4. Еремин Д.И. Скорость разложения соломы яровой пшеницы при различных системах основной обработки почвы в лесостепной зоне Зауралья / Д.И. Еремин, А.А. Ахтямова // Агрохимия. №1 (28). 2015. С.16–21.

5. Подколзин А.И. Рекомендации по использованию соломы на удобрение в Ставропольском крае / А.В. Яловой, В.Д. Огарев, В.В. Богомолов, А.В. Бурлай, М.И. Жаворонков и др. // Ставрополь. – 2003. – С. 34.

6. В Саратовской области засеяно почти 65 процентов площадей озимых под урожай-2024. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://salt.news/selskoe-hozyajstvo/v-saratovskoj-oblasti-zaseyano-pochti-65-proczentov-ploshhadejozimyh-pod-urozhaj-2024/?ysclid=lpb31d5zsj256355751>. (дата обращения 9.02.2024).

7. Бойков В.М. Энергоемкость обработки почвы при комбинации отвального и плоскорезного технологических процессов / В.М. Бойков, С.В. Старцев, А.В. Павлов, Е.С. Нестеров // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания, № 1, 2023. С. 162–168.

8. Левкина А.Ю. Приемы повышения урожайности и качества зерна озимой пшеницы при минимизации основной обработки чистого пара в Нижнем Поволжье. Автореф. дис. канд. с-х. наук: 06.01.01. – Саратов, 2021. – 20 с.

## REFERENCES

1. Rusakova I.V. Theoretical foundations and methods of soil fertility management when using plant residues in agriculture: FGBNU VNIIOU, 2016. – 131 s.

2. Agrochemistry. Textbook / V.G. Mineev, V.G. Sychev, G.P. Gamzikov, etc.; edited by V.G. Mineev. – M.: Publishing House of VNIIA named after D.N. Pryanishnikov, 2017. – 854 p.

3. Scientific bases of straw application as an organic fertilizer [Electronic resource] URL: <https://universityagro.ru/агрохимия/солома> / (date of circulation 02/19/2024).

4. Eremin D.I. The rate of decomposition of spring wheat straw in different systems of basic tillage in the forest-steppe zone of the Trans-Urals / D.I. Eremin, A.A. Akhtyamova // Agrochemistry. No. 1 (28). 2015. pp. 16–21.

5. Podkolzin A.I. Recommendations on the use of straw for fertilizer in the Stavropol Territory / A.V. Yalova, V.D. Ogarev, V.V. Bogomolov, A.V. Burlai, M.I. Zhavoronkov, etc. // Stavropol. – 2003. – p. 34.

6. In the Saratov region, almost 65 percent of the winter crop area has been sown for 2024. [Electronic resource]. Access mode: <https://salt.news/selskoe-hozyajstvo/v-saratovskoj-oblasti-zaseyano-pochti-65-procentov-ploshhadejozimyh-pod-urozhaj-2024/?ysclid=lpb31d5zsj256355751>. (date of reference 02/19/2024).

7. Boikov V.M. Energy intensity of soil tillage with a combination of dump and flat-cut technological processes/ V.M. Boikov, S.V. Startsev, A.V. Pavlov, E.S. Nesterov // Technologies of the food and processing industry of the agroindustrial complex-healthy food products, No. 1, 2023. Pp. 162–168.

8. Levkina A.Yu. Techniques for increasing the yield and quality of winter wheat grain while minimizing the main processing of pure steam in the Lower Volga region. Abstract of the dissertation of the Candidate of Agricultural Sciences: 06.01.01. – Saratov, 2021. – 20 s.

Научная статья

УДК 631.31 (470.44)

## ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ДЛЯ ПОСЕВА ОЗИМЫХ КУЛЬТУР В ПОВОЛЖЬЕ. ЧИСТЫЙ ПАР. ЧАСТЬ I

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

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

**Аннотация:** с целью разработки ресурсосберегающей экологически безопасной технологии обработки почвы под посев озимых культур в условиях Саратовского Поволжья исследованы известные способы подготовки чистого пара. Рассмотрены сроки проведения операций, применяемые технические средства для глубокой отвальной, безотвальной и мелкой обработки почвы, их ширина захвата и глубина обработки почвы.

**Ключевые слова:** технология, почва, чистый пар, плуг, луцильник, борона, культиватор, глубина, ширина захвата.

Original article

## TECHNOLOGIES OF TILLAGE FOR SOWING WINTER CROPS IN THE VOLGA REGION. PURE STEAM. PART I

*V.M. Boikov, S.V. Startsev, A.V. Pavlov, E.S. Nesterov*

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

**Abstract:** in order to develop a resource-saving environmentally safe technology of tillage for sowing winter crops in the conditions of the Saratov Volga region, known methods of preparing pure steam have been studied. The terms of operations, the technical means used for deep dump, dumpless and shallow tillage, their width of capture and depth of tillage are considered.

**Keywords:** technology, soil, clean steam, plow, husker, harrow, cultivator, depth, width of grip.

### **Введение:**

Озимые зерновые культуры являются важнейшими продовольственными культурами России, в последние годы площадь возделывания занимает четверть зернового клина. Озимая пшеница в Поволжье одна из ведущих и наиболее продуктивных зерновых культур, ежегодно высеваемая на площади около 3 млн га. Только в Саратовской области в 2023 году площадь посевов озимых культур под урожай будущего года составила 1 млн. 214,7 тыс. га [1] из которых: озимой пшеницей засеяно 1 млн. 153,7 тыс. га; озимой рожью 57,8 тыс. га; тритикале 3,49 тыс. га.

Ежегодно озимыми зерновыми культурами засеивается до 30 % общей площади посевов. Средняя урожайность составляет 29,6 ц/га. Среди зерновых культур урожайность озимой пшеницы в засушливых регионах более чем в 2 раза превышает урожайность яровой пшеницы [2].

Для получения достойного урожая ко времени посева озимых необходимо почву очистить от сорной растительности, в пахотном слое иметь достаточное количество влаги, поверхность поля должна быть тщательно выровненной, во избежание застаивания влаги, иметь оптимальную плотность почвы и условия для нормального развития растений в осенний период и хорошей их перезимовки. Добиться таких условий возможно применением обоснованной системы обработки почвы, которая выбирается в зависимости от конкретных условий хозяйства. Чистый пар является самым эффективным агротехническим средством в борьбе с многолетними сорняками, многократное подрезание розеток которых при паровых культивациях истощает вегетативные органы размножения. Чистый пар уменьшает также численность семян малолетних сорняков в верхнем слое почвы, и при дальнейших безотвальной обработках сохраняется более низкая засорённость посевов в течение 4–5 лет [3]. Снижению засорённости полей способствует также размещение по пару озимых, обладающих высокой конкурентной способностью в борьбе с сорняками [3, 4].

#### Методика исследований:

Исследования проводились путем анализа существующих технологий, комплекса машин и их технических характеристик, показателей работы почвообрабатывающих машин при подготовке почвы под посев озимых культур, применяемых в условиях Саратовского Поволжья в зоне недостаточного увлажнения.

#### Результаты исследований:

Система обработки почвы под озимые культуры по чистому пару включает два периода. Первый состоит из основной обработки почвы летом или осенью текущего года (1 сезон) и второй – весенне-летний, из ухода за этой почвой в будущем году (2 сезон). На рисунке 1 приведена схема технологии с использованием отвальной обработки почвы.

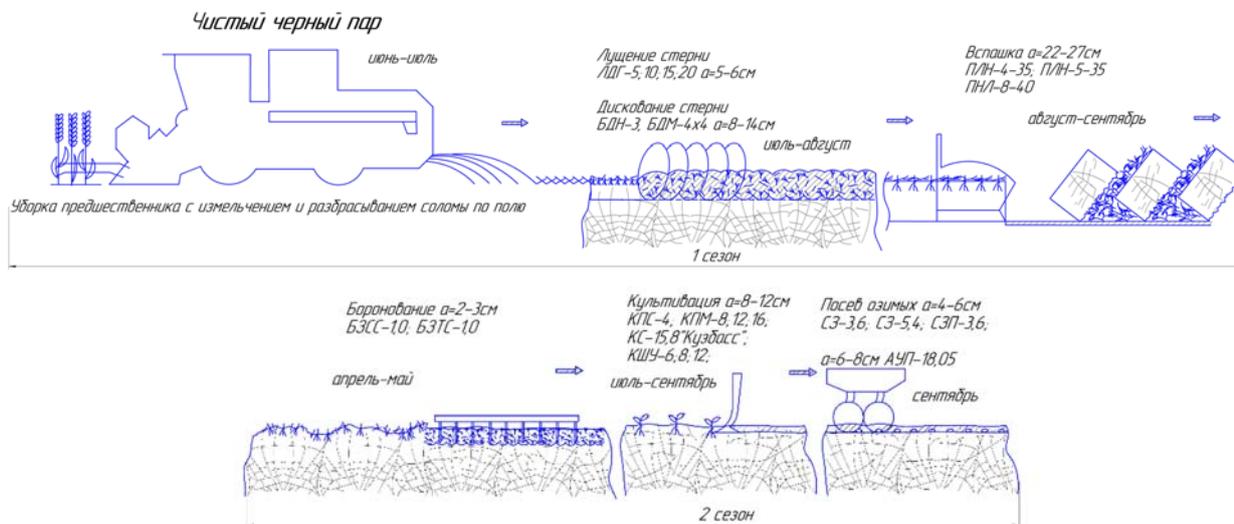


Рисунок 1. Схема подготовки чистого пара по отвальной технологии обработки почвы

По этой технологии сразу же после уборки в июне-июле (1 сезон) зерновых или зерно-бобовых предшественников приступают к обработке черного пара. Пожнивные остатки и стерня однократно обрабатываются дисковыми луцильниками типа ЛДГ [5, 6] шириной захвата 5–20 м на глубину 5–6 см. Если поле засорено корнеотпрысковыми сорняками, то требуется два лущения: первое дисковое тяжелыми дисковыми боронами БДТ шириной 3–10 м, дискаторами шириной 4–7,2 м на глубину 8–10 см и второе лемешное луцильниками ППЛ-5-25, ППЛ-10-25 шириной 1,25–2,5 м на глубину 12–14 см. Затем через 2–3 недели (июле-августе) проводится вспашка на глубину 22–27 см лемешно-отвальными плугами ПЛН (шириной 1,05–3,2 м) или ПБС (шириной 1,8–4,8 м). Весной следующего года (2 сезон) перезимовавшую пашню боронуют зубowymi средними БЗСС-1,0 или тяжелыми боронами БЗТС-1,0 на глубину 2–3 см. В течении лета по мере развития сорняков почву культивируют несколько раз паровыми широкозахватными культиваторами типа КПС, КПМ, КШУ (агрегатами шириной 4–16 м) на глубину сначала от 10–12 см, затем уменьшая до 5–6 см. Число поверхностных обработок зависит от погодных условий года, степени и характера засоренности полей. Посев озимой пшеницы в Саратовской области проводят в середине-конце сентября сеялками СЗ, СЗП на глубину 4–6 см, а в левобережных районах с использованием посевных комплексов АУП-18А, «Агромастер», «Омичка» на глубину 6–8 см.

На рисунке 2 приведена схема технологии обработки чистого пара с использованием безотвальной плоскорезной обработки почвы.

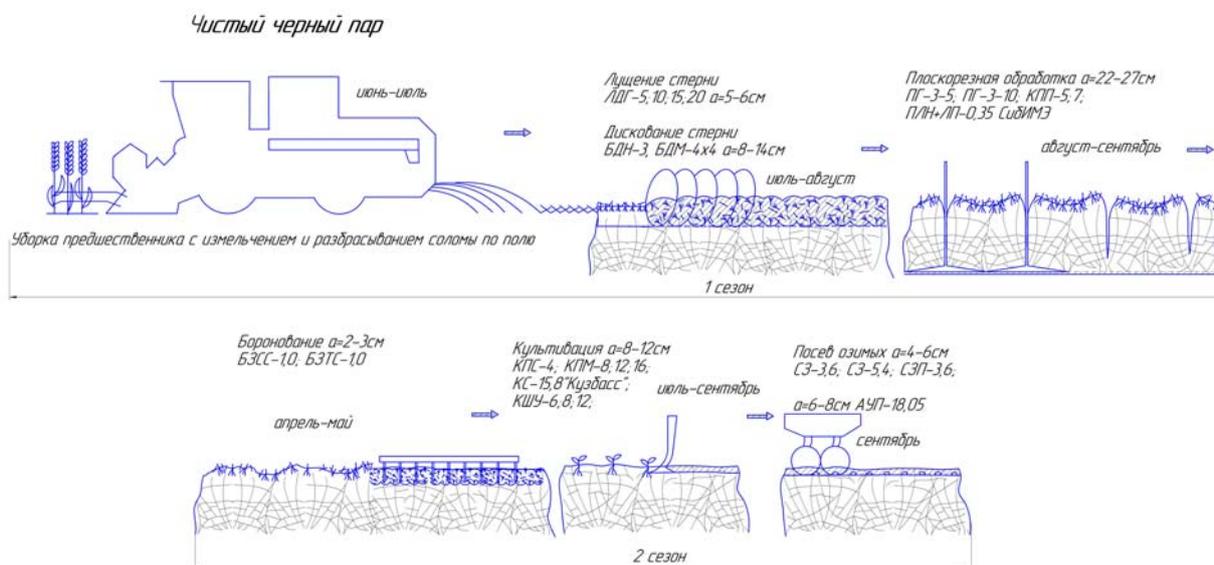


Рисунок 2. Схема подготовки чистого пара по технологии плоскорезной обработки почвы

В засушливых районах, на больших открытых территориях с сильными господствующими ветрами и с малым количеством выпадающих осадков, подготовку парового поля проводят по почвозащитной влагосберегающей технологии, представленной рисунке 2. По этой технологии также, как и по схеме рис. 1, сразу же после уборки в июне-июле (1 сезон) предшественников

приступают к обработке черного пара. Стерневой фон поля обрабатывается дисковыми орудиями ЛДГ, БДТ, БДМ на небольшую глубину 5–6 см с целью мульчирования поверхности поля и снижения иссушения почвы. Затем во второй половине лета проводится основная безотвальная обработка почвы плоскорезами-глубокорыхлителями ПГ-3-5, ПГ-3-100, КПП-5, КПП-7, ППП-7 или лемешными плугами со стойками ЛП-0,35 СиБИМЭ на глубину 22–27 см, ширина захвата таких орудий от 3,2 до 7,4 м. На следующий год (2 сезон) пашню также боронуют зубowymi боронами БЗСС-1,0; БЗТС-1,0 на глубину 2–3 см. Летом по мере необходимости культивируют несколько раз паровыми широкозахватными культиваторами КПС, КПК, КШУ (шириной 4–16 м) на глубину сначала от 10–12 см, затем уменьшая до 5–6 см. Посев озимых культур проводят стерневыми сеялками СЗС на глубину 4–6 см при достаточной влаге в почве, а при недостатке также применяют стерневые посевные комплексы АУП-18А, «Агромастер», «Омичка» на глубину до 8 см.

На рисунке 3 приведена схема технологии обработки чистого пара с использованием безотвальной чизельной обработки почвы.

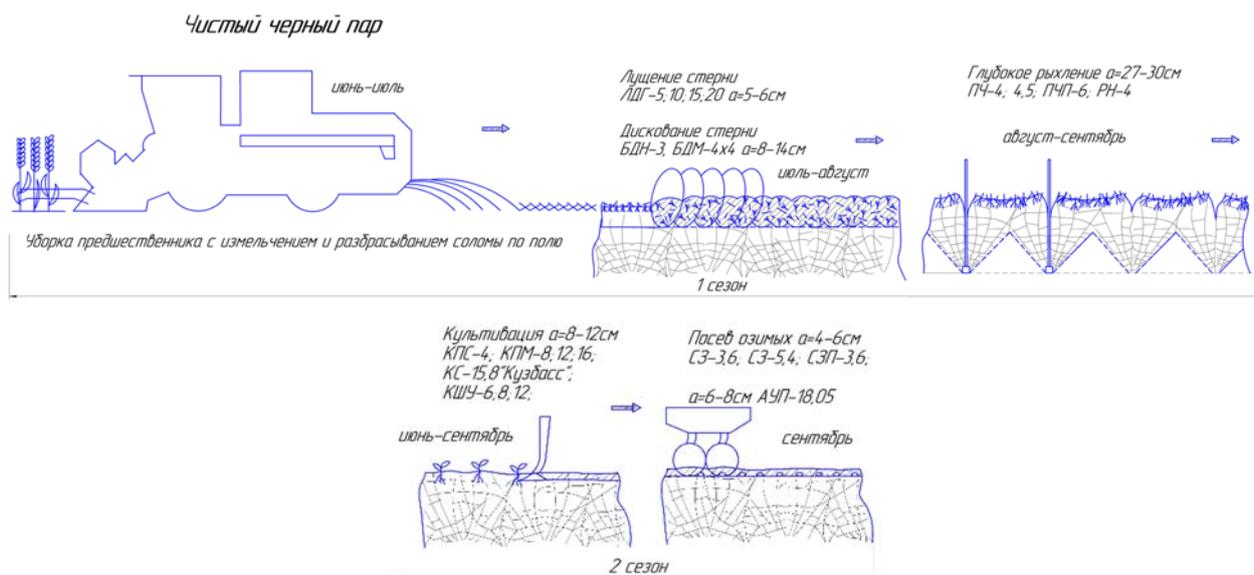


Рисунок 3. Схема подготовки чистого пара по технологии чизельной обработки почвы

Применение в севообороте ежегодных обработок почвы лемешно-отвальными плугами требует углубления пахотного горизонта с разрушением плужной подошвы. Для подготовки чистого черного пара используют глубокое рыхление почвы рисунок 3. По этой технологии также, как и по схеме рис. 2, после уборки предшественников в июне-июле (1 сезон) приступают к обработке черного пара. Первоначально поверхность поля мульчируют дисковыми орудиями ЛДГ, БДТ, БДМ на глубину 5–6 см. Затем во второй половине лета проводится основная безотвальная обработка почвы глубокорыхлителями РН-4, РН-5 или чизельными плугами ПЧ-4,5; ПЧ-6 на глубину до 45 см, ширина таких орудий от 2,5 до 6 м. На следующий год (2 сезон) пашню также боронуют зубowymi боронами БЗСС-1,0; БЗТС-1,0 на глубину 2–3 см. Летом по мере

необходимости культивируют несколько раз паровыми широкозахватными культиваторами КПС, КПМ, КШУ (шириной 4–16 м) на глубину сначала от 10–12 см, затем уменьшая до 5–6 см. Посев озимых культур проводят аналогично технологии рисунок 2.

На рисунке 4 приведена схема технологии осенней мелкой обработки почвы чистого черного пара.

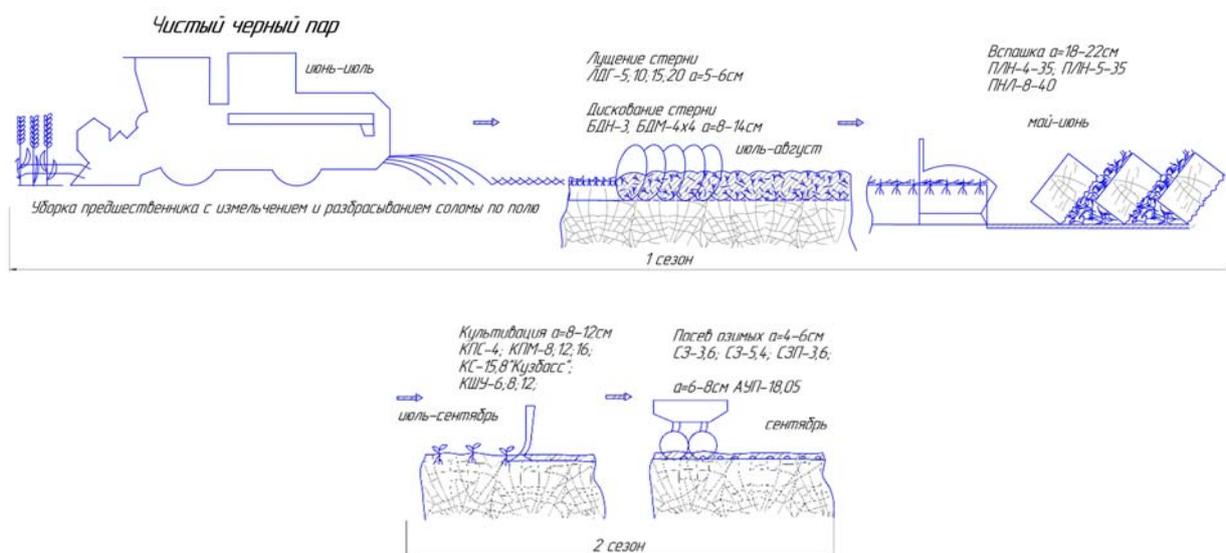


Рисунок 4. Схема подготовки чистого пара по технологии мелкой обработки почвы

Технология обработки чистого черного пара по схеме рисунок 4 в течении 1 сезона после уборки зерно-бобовых предшественников, при отсутствии многолетних корнеотпрысковых сорняков и наличии влаги в почве выполняют лущение стерни дисковыми луцильниками ЛДГ (шириной захвата 5–20 м) на глубину 5–6 см, дисковыми тяжелыми бородами БДТ (шириной 3–10 м), дискаторами (шириной 4–7,2 м) на глубину 8–10 см. Таким паровое поле остается до весны. На следующий сезон 2, весной мае-июне, поле перепахивается отвальными плугами ПЛН или ПБС на глубину 18–22 см. Для борьбы с сорняками и сохранения влаги в летний период применяется несколько послыстных разноглубинных культиваций, начиная с 10–12 см и доводя до 5–6 см. В сухую погоду хороший эффект дает совмещение культивации с прикатыванием. Посев озимых культур аналогично технологии рисунок 1, проводят сеялками СЗ, СЗП на глубину 4–6 см при достаточной влаге в почве, а при недостатке также применяют стерневые посевные комплексы АУП-18А, «Агромастер», «Омичка» на глубину 6–8 см.

Почвозащитные системы обработки пара под озимую пшеницу (рисунки 2 и 3) являются ресурсосберегающими в сравнении с отвальными обработками (рисунки 1 и 4). На рисунке 5 приведена схема технологии осенней мелкой обработки почвы чистого черного пара без применения вспашки.

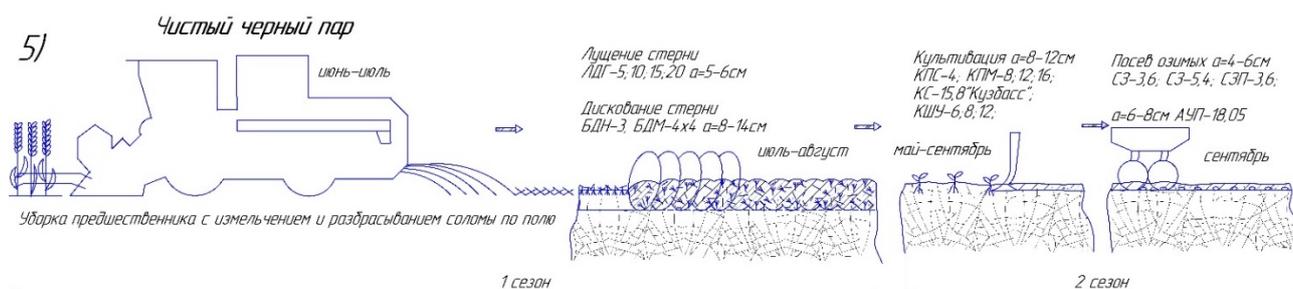


Рисунок 5. Схема подготовки чистого пара по технологии мелкой обработки почвы без вспашки

Технология обработки чистого черного пара по схеме рисунок 5 в течении 1 сезона предусматривает механические операции аналогичные операциям по схеме 4. На следующий год (сезон 2) в течении всего весенне-летнего периода: с мая по сентябрь, паровое поле культивируется паровыми широкозахватными культиваторами КПС, КПМ, КШУ (шириной 4–16 м) на глубину сначала от 10–12 см, затем уменьшая до 5–6 см. Посев озимых культур проводят сеялками СЗ, СЗП на глубину 4–6 см при достаточной влаге в почве, а при недостатке также применяют стерневые посевные комплексы АУП-18, «Агромастер», «Омичка» на глубину 6–8 см.

#### Заключение:

Анализ технологий обработки почвы под посев озимых культур в условиях Саратовского Поволжья для подготовки чистого пара показал, технологии различаются по принципам построения технологической цепи операций, способам механических воздействий на почву и энергоемкости процессов, способам утилизации незерновой части урожая предшественника. Почвозащитные энергосберегающие технологии обработки почвы, основанные на замене вспашки безотвальными рыхлениями плугами со стойками СибИМЭ, плоскорезами, чизелями и уменьшением глубины рыхления до полного отказа от осенней вспашки, направлены на снижение потребности в технике, снижение водной и ветровой эрозии, сохранение плодородия почвы, путем активизации биологических процессов в верхнем пахотном слое поля.

Несмотря на разнообразие и совершенство известных способов обработки почвы необходим поиск рациональной экологически безопасной технологии подготовки парового поля под посев озимых культур.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В Саратовской области засеяно почти 65 процентов площадей озимых под урожай-2024. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://salt.news/selskoe-hozyajstvo/v-saratovskoj-oblasti-zaseyano-pochti-65-procentov-ploshhadej-ozimyh-pod-urozhaj-2024/?ysclid=lpb31d5zsj256355751> (дата обращения 29.01.2024).

2. Перспективная ресурсосберегающая технология производства озимой пшеницы: метод. рек. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 68 с.
3. Камбулов С.Н. Влияние предшественников и технологий обработки на развитие сорняков / С.Н. Камбулов, В.Б. Рыков, В.В. Колесник, Е.И. Трубилин // Научный журнал КубГАУ, №147(03), 2019. – с. 1–10.
4. Дозоров А.В. Сравнительная эффективность систем обработки почвы в регулировании засоренности посевов сельскохозяйственных культур / А.В. Дозоров, А.В. Карпов, Н.Г. Захаров // Нива Поволжья № 4 (13), 2009. – с. 22–24.
5. АгроБаза – все о сельхозтехнике и сельском хозяйстве. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.agrobase.ru/> (дата обращения 29.01.2024).
6. Старцев С.В. Альбом-справочник по производственной эксплуатации машинно-тракторного парка / С.В. Старцев, А.С. Старцев, Д.Г. Горбань – Саратов, 2011. – 322 с.

## REFERENCES

1. In the Saratov region, almost 65 percent of the winter crop area has been sown for 2024. [Electronic resource]. Access mode: <https://salt.news/selskoe-hozyajstvo/v-saratovskoj-oblasti-zaseyano-pochti-65-procentov-ploshhadej-ozimyh-pod-urozhaj-2024/?ysclid=lpb31d5zsj256355751> (accessed 29.01.2024).
2. Promising resource-saving technology for winter wheat production: method. rec. М.: Federal State Budgetary Institution "Rosinformagrotech", 2009. – 68 p.
3. Kambulov S.N. The influence of precursors and processing technologies on the development of weeds / S.N. Kambulov, V.B. Rykov, V.V. Kolesnik, E.I. Trubilin // Scientific Journal of KubGAU, No.147(03), 2019. – pp.1–10.
4. Dozorov A.V. Comparative effectiveness of processing systems soils in the regulation of contamination of crops / A.V. Dozorov, A.V. Karpov, N.G. Zakharov // Niva of the Volga region No. 4 (13), 2009. – pp. 22–24.
5. Agrobase – all about agricultural machinery and agriculture. [electronic resource]. Access mode: <https://www.agrobase.ru/> (accessed 29.01.2024).
6. Startsev S.V. Album-handbook on the production operation of the machine and tractor fleet / S.V. Startsev, A.S. Startsev, D.G. Gorban – Saratov, 2011. – 322 p.

Научная статья

УДК 621.89.09

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА БАЛАНСИРОВКИ  
БАРАБАНА ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ-РАЗБРАСЫВАТЕЛЯ  
ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА ACROS**

***В.В. Венскийтис***

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

**Аннотация:** в статье приведено обоснование основных параметров режима балансировки ротора с шарнирно закрепленными рабочими элементами. На основании недостатков применяемых в настоящее время технологических процессов балансировки роторов с шарнирно закрепленными рабочими элементами предложена рациональная последовательность выполнения операций.

**Ключевые слова:** ротор, балансировка, дисбаланс, неуравновешенность ротора, критическая скорость ротора, корректирующая масса.

Original article

**JUSTIFICATION OF THE PARAMETERS OF THE BALANCING  
MODE OF THE DRUM OF THE CHOPPER-SPREADER  
OF THE ACROS GRAIN HARVESTER**

***V.V. Venskaytis***

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

**Abstract:** The article provides a rationale for the main parameters of the balancing mode for a rotor with hinged working elements. Based on the shortcomings of currently used technological processes for balancing rotors with hinged working elements, a rational sequence of operations is proposed.

**Keywords:** rotor, balancing, imbalance, rotor unbalance, rotor critical speed, correction mass.

## **Введение:**

Конструкции машин и оборудования сельскохозяйственного назначения развиваются в направлении увеличения мощности, быстроходности, производительности при одновременном снижении материалоемкости и себестоимости их производства [1]. Широкое распространение при уборке и переработке зерновых культур получили машины и механизмы роторного типа [2]. Для измельчения незерновой части урожая, зерноуборочные комбайны оснащают измельчителем-разбрасывателем соломы (ИРС). Основным элементом ИРС является его барабан, от состояния которого зависят безотказность и долговечность ИРС в целом. В процессе эксплуатации ИРС возникают дефекты барабана, которые изменяют его геометрию (изломы и деформации элементов, износ цапф, коррозия, трещины в сварочных швах), способствуют уменьшению его жесткости, перераспределению масс, смещению оси инерции относительно оси вращения и вызывают рост виброактивности [3].

Основным и эффективным способом минимизации неуравновешенности (дисбаланса) роторов машин на этапе эксплуатации является балансировка. Улучшение точности балансировки на 10% увеличивает срок службы агрегата на 25 %, улучшает условия труда оператора, снижает виброшумовое воздействие на окружающую среду [4]. Однако, применяемые в настоящее время технологические процессы балансировки барабанов ИРС с шарнирными рабочими элементами (ножами) недостаточно эффективны вследствие следующих недостатков:

- а) допускают разбалансировку на этапе эксплуатации в случае замены ножей барабана ИРС;
- б) не обеспечивают допустимого уровня остаточного дисбаланса из-за погрешностей геометрии ножей и рассеивания значений их массы;
- в) содержат лишние операции, которые не способствуют снижению неуравновешенности [5].

В этой связи обоснование параметров режима балансировки роторов рассматриваемого типа и последовательности выполнения операций являются актуальными задачами технологической подготовки производства.

### Методика исследований:

На первом этапе решения поставленных задач установили характеристики барабана ИРС и его класс (тип) как объекта балансировки. Внешний вид барабана ИРС и его геометрические размеры приведены на рисунке 1.

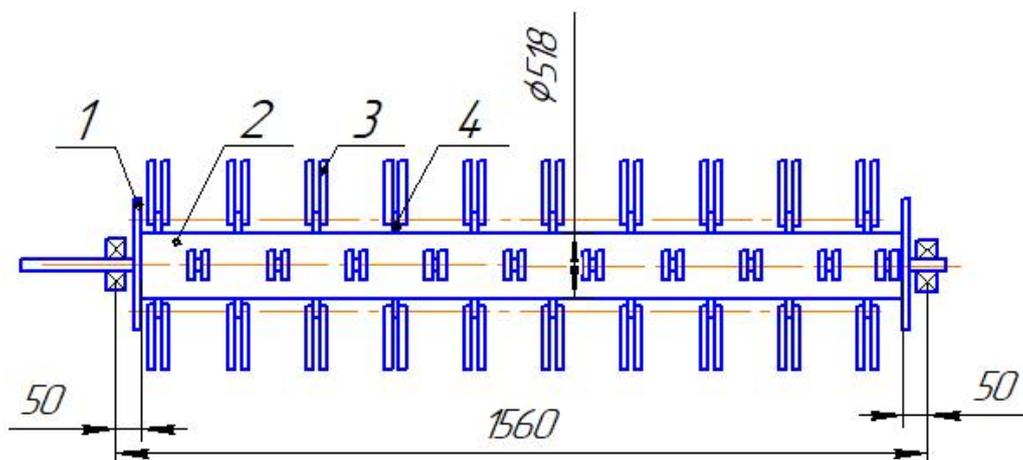


Рисунок 1. Барабан ИРС зерноуборочного комбайна ACROS:

- 1 – диск для установки корректирующих масс; 2 – труба барабана;  
3 – нож; 4 – ушко для крепления ножей

По конструктивно-технологическим признакам барабан ИРС относится к неразборным, межопорным роторам. Корпус ротора выполнен из трубы 2 в торцы которой вварены цапфы под опорные подшипники и шкив привода. На цапфах барабана ИРС устанавливают шариковые радиальные однорядные подшипники 680210A2НК7.P6Q6/L19 ТУ ВНИПП.016-03 с закрепительными втулками. В зависимости от убираемой культуры частота вращения барабана ИРС изменяется от 2016 до 3497 мин<sup>-1</sup>. К поверхности барабана ИРС, симметрично, в четыре ряда на шарнирах, прикреплены 76 (РСМ-152) или 80 (РСМ-142) ножей. Для установки корректирующих масс к трубе 2 приварены диски 1.

При решении задач балансировки роторов конструкторы и технологи в начале 90-х годов, все роторы относили к одному из двух типов – жесткий или

гибкий. Дальнейшее развитие теоретических основ балансировки роторов и систематизация опыта в различных отраслях машиностроения способствовали введению в классификацию по признаку «гибкость» двух дополнительных типов роторов – квазижесткого и квазигибкого, получивших общее наименование нежестких. Благодаря новым теоретическим положениям механики нежесткого ротора и построению механико-математической модели неуравновешенности таких объектов получили развитие технологии и оборудование для их балансировки [6].

Барабан ИРС зерноуборочного комбайна как объект балансировки не удовлетворяет условиям жесткого ротора и его следует рассматривать как квазижесткий. Такой ротор необходимо балансировать на обоснованной расчетами скорости  $\omega_6 < \omega_3$ , в двух плоскостях коррекции у опор, здесь  $\omega_6$  и  $\omega_3$  – соответственно угловые скорости балансировки и эксплуатации [7].

Производственный опыт [5] показывает, что балансировка роторов с шарнирными рабочими элементами, часто вызывает затруднения из-за нестабильности показаний измерительной системы станка. При пуске привода балансировочного станка и установлении постоянной частоты вращения, ножи барабана ИРС под действием сил инерции, должны занять положение, при котором их центры масс  $S$  (см. рисунок 2) совпадают с прямыми проходящими через оси  $O_2$  шарниров и ось  $O_1$  вращения ротора. Однако, силы трения в шарнирных соединениях ножей препятствуют их повороту и ножи отклоняются от идеального положения. Во многом, эти случайные отклонения ножей, объясняются низкой скоростью вращения барабана ИРС во время балансировки  $\omega_6$ , которая для роторов машин сельскохозяйственного назначения, обычно меньше его эксплуатационной скорости  $\omega_3$ . В результате случайного отклонения ножей от идеального положения, изменяется геометрия барабана ИРС и повышается его неуравновешенность, что и приводит к рассеиванию показаний измерительной системы станка.

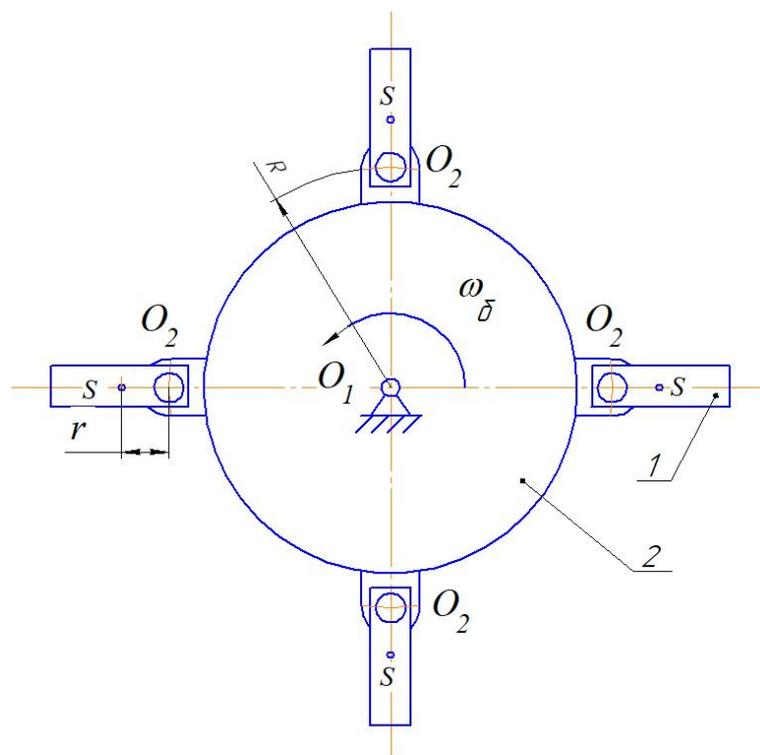


Рисунок 2. Схема ротора: 1 – нож; 2 – ротор;  
 $S$  – центр масс ножа

Для обеспечения стабильности показаний измерительной системы балансировочного станка следует поддерживать угловую скорость вращения  $\omega_\delta$  ротора в интервале [5]

$$\sqrt{\frac{g}{k} \cdot \frac{r}{R+r}} \leq \omega_\delta \leq \sqrt{\frac{g}{k - \alpha_{\min}^* \cdot R} \cdot \frac{r}{R+r}}, \quad (1)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ ;  $k = 0,5fd_{\text{ш}}$  – коэффициент пропорциональности;  $f$  – коэффициент трения материалов;  $d_{\text{ш}}$  – номинальный диаметр контактирующих поверхностей в шарнире,  $\text{м}$ ;  $\alpha_{\min}^*$  – минимальный угол отклонения ножа барабана ИРС от идеального положения,  $\text{рад}$ ;  $R$  – расстояние от оси вращения барабана ИРС до оси ножа,  $\text{м}$ ;  $r$  – расстояние от оси вращения ножа до его центра масс,  $\text{м}$ .

Важной задачей нормирования точности балансировочных работ является определение допустимого значения главного вектора дисбалансов  $D_{\text{ст доп}}$  ротора. Используя значения массы барабана ИРС, его размеров, максимальную эксплуатационную скорость вращения  $\omega_\delta \text{ макс}$  и другие характеристики определено верхнее допустимое значение критерия качества балансировки  $e_{\text{ст}} \cdot \omega_\delta \text{ макс} = 16 \text{ мм} \cdot \text{рад/с}$ , что соответствует 5 классу точности [8].

Допустимое значение главного вектора дисбалансов  $D_{cm\ \partial on}$  барабана ИРС определяли по уравнению [9]

$$D_{cm\ \partial on} = \frac{(e_{cm} \cdot \omega)_{\max}}{\omega_{\max}} \cdot m, \quad (2)$$

где  $(e_{cm} \cdot \omega)_{\max}$  – максимальное допустимое значение критерия качества балансировки ротора, мм·рад/с;  $\omega_{\max}$  – максимальная эксплуатационная скорость вращения ротора, рад/с,  $m$  – масса ротора, кг.

Допустимые значения дисбалансов барабана ИРС в плоскостях его коррекции  $D_{\partial on\ j}$ , приняты равными допустимому значению главного вектора дисбалансов  $D_{cm\ \partial on} = D_{\partial on1} = D_{\partial on2}$ .

Предельное значение корректирующей массы в плоскостях коррекции балансируемого барабана ИРС определено по уравнению

$$m_{kjnj} = \frac{D_{kj}^{np}}{R_{kj}}, \quad (3)$$

где  $D_{kj}^{np}$  – предельное значение корректирующего дисбаланса в  $j$ -й плоскости коррекции;  $R_{kj}$  – радиус корректировки в  $j$ -й плоскости коррекции.

Предельное значение корректирующего дисбаланса  $D_{kj}^{np}$  требует выявления предельного значения начального дисбаланса ротора в его  $j$ -й плоскости коррекции, так как  $D_{kj}^{np} = D_{uj}^{np}$ . Для квазижесткого ротора последнее находится по уравнению:

$$D_{uj}^{np} = \sqrt{(0,5 \cdot D_{u1}^{\omega_0})^2 + \sum_{s=1}^{n_s} U_{s_j}^2 \cdot \delta_{s_{np}}^2}, \quad j = 1, 2, \quad (4)$$

где  $D_{u1}^{\omega_0}$  – предельное значение главного вектора дисбалансов от упругого изгиба оси ротора по первой форме собственных колебаний;  $U_{s_j}$  – передаточное отношение от погрешностей изготовления деталей, сборочных единиц ротора, погрешностей их соединения, исходных искривлений оси ротора к значению дисбалансов в  $j$ -й плоскости коррекции;  $\delta_{s_{np}}^2$  – погрешности изготовления деталей и сборочных единиц ротора.

Анализ технологий балансировки барабана ИРС с шарнирными рабочими элементами (ножами) позволил установить следующую рациональную последовательность выполнения операций:

а) комплектование ножей барабана ИРС по массе с разделением их на классы. Обоснование массы ножей в каждом классе приведено в работе [10];

б) сборка барабана ИРС (см. рисунок 1) с установкой в диаметрально противоположных точках трубы барабана 2, ножей 3 принадлежащих одному классу;

в) динамическая балансировка барабана ИРС в сборе.

### **Заключение:**

Таким образом, в работе обоснованы основные параметры режима балансировки барабана ИРС – скорость вращения ротора  $\omega_0$ , допустимое значение главного вектора дисбалансов  $D_{ст\ доп}$ , предельное значение корректирующей массы  $m_{kij}$ . Установлена рациональная последовательность выполнения операций балансировки ротора, оснащенного шарнирно закрепленными ножами.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Гулевский В.А., Вертий А.А. Усовершенствование технологии измельчения грубых стебельчатых кормов измельчителем с шарнирно подвешенными комбинированными ножами // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2019. – № 1 (60). С. 73–81.

2. Чурюмов В.Ю. К обоснованию угловой скорости вращения барабана цилиндрического инерционного сепаратора // В.Ю. Чурюмов, В.А.Эвиев, Б.К. Салаев, С.Д. Фомин, Н.А. Куркудинова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2022. – № 4 (68). С. 535–543.

3. Никифоров А.Н. Проблемы колебаний и динамической устойчивости быстровращающихся роторов / А.Н. Никифоров // Вестник научно-технического развития. – 2010. – № 3 (31). С. 31–53.

4. Серебренников К.В. Особенности динамики роторных систем с маятниковыми автобалансирами // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Улан-Удэ – ВСГТУ: 2004.

5. Полушкин О.О. Балансировка роторов с шарнирными рабочими элементами / О.О. Полушкин, О.А. Полушкин, В.П. Жаров // Вестник ДГТУ. – 2011. – Т. 11, № 2(53). С. 190–199.

6. Особенности балансировки ротационных агрегатов сельскохозяйственных машин при их классификации по критерию «гибкость» / О. О. Полушкин, М. В. Савенков, Я. Н. Кабанова [и др.] // Инновационные технологии в науке и образовании (ИТНО-2017): Материалы V Международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 11–15 сентября 2017 года. – Ростов-на-Дону: Общество с ограниченной ответственностью «ДГТУ-ПРИНТ», 2017. – С. 237-243. – EDN YPHSDA.

7. Полушкин О.О. Обеспечение качества балансировки и эффективности функционирования нежестких ротационных агрегатов сельскохозяйственных машин: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Полушкин Олег Олегович. – Ростов-на-Дону, 2005. – 19 с.

8. ГОСТ 22061–76. Машины и технологическое оборудование. Система классов точности балансировки. Основные положения. – М.: Изд-во стандартов, 1984. — 135 с.

9. Полушкин О.О. Теория и методы системного подхода к балансировке ротационных агрегатов машин: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.02.02 / Полушкин Олег Олегович. – Челябинск, 2021. – 32 с.

10. Полушкин О.А. Уравновешивание роторов со сменными подбираемыми по массе элементами / О.А. Полушкин, Л.Е. Декамили // Тракторы и сельхозмашины. – 1980. – № 3. – С. 25–26.

## REFERENCES

1. Gulevsky V.A., Vertiy A.A. Improving the technology of grinding coarse stalked fodder with a chopper with hinged combined knives // Bulletin of the Voronezh State Agrarian University. – 2019. – No. 1 (60). P. 73–81.

2. Churyumov V.Yu. On the substantiation of the angular velocity of rotation of the drum of a cylindrical inertial separator // V.Yu. Churyumov, V.A. Eviev, B.K. Salaev, S.D. Fomin, N.A. Kurkudinova // News of the Lower Volga Agrarian University Complex: Science and Higher Professional Education. – 2022. – No. 4 (68). P. 535–543.

3. Nikiforov A.N. Problems of oscillations and dynamic stability of high-speed rotors / A.N. Nikiforov // Bulletin of scientific and technical development. – 2010. – No. 3 (31). P. 31–53.
4. Serebrennikov K.V. Features of the dynamics of rotor systems with pendulum autobalancers // Abstract of the dissertation for the degree of candidate of technical sciences. Ulan-Ude – VSGTU: 2004.
5. Polushkin O.O. Balancing of rotors with articulated working elements / O.O. Polushkin, O.A. Polushkin, V.P. Zharov // Bulletin of DSTU. – 2011. – Vol. 11, No. 2 (53). P. 190–199.
6. Peculiarities of Balancing Rotary Units of Agricultural Machinery in Their Classification Based on the “Flexibility” Criterion / O.O. Polushkin, M.V. Savenkov, J.N. Kabanova [et al.] // Innovative Technologies in Science and Education (ITNO-2017): Proceedings of the V International Scientific and Practical Conference, Rostov-on-Don, September 11–15, 2017. – Rostov-on-Don: DSTU-PRINT Limited Liability Company, 2017. – P. 237–243. – EDN YPHSDA.
7. Polushkin O.O. Ensuring Balancing Quality and Operating Efficiency of Non-Rigid Rotary Units of Agricultural Machinery: Abstract of Cand. Sci. (Eng.): 05.20.01 / Oleg Olegovich Polushkin. – Rostov-on-Don, 2005. – 19 p.
8. GOST 22061–76. Machines and technological equipment. System of balancing accuracy classes. Basic provisions. – M.: Publishing house of standards, 1984. – 135 p.
9. Polushkin O.O. Theory and methods of a systems approach to balancing rotary units of machines: author's abstract. dis. ... doctor of technical sciences: 05.02.02 / Polushkin Oleg Olegovich. – Chelyabinsk, 2021. – 32 p.
10. Polushkin O.A. Balancing rotors with replaceable elements selected by weight / O.A. Polushkin, L.E. Decamili // Tractors and agricultural machinery. – 1980. – No. 3. – P. 25–26.

Научная статья  
УДК 631.331

## РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА НАПРАВИТЕЛЕЙ СЕМЯН В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЕ

*А.А. Гурьянова, Ю.В. Комаров*

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

**Аннотация:** в статье рассмотрен технологический процесс работы стрельчатой лапы, с распределителем потока семян, при котором следует учитывать направление потока семян, создаваемое распределителем, чтобы посевной материал равномерно распределялся на всю ширину засеваемой полосы. В данном исследовании определяем ширину засеваемой полосы, высоту размещения распределителя семян, количество направителей распределителя семян.

**Ключевые слова:** пневматическая сеялка, стрельчатая лапа, распределитель семян.

Original article

## CALCULATION OF THE NUMBER OF SEED GUIDES IN THE DISTRIBUTOR

*A.A. Guryanova, Yu.V. Komarov*

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

**Abstract:** The article describes the technological process of the lancet foot, with a seed flow distributor, in which the direction of seed flow created by the distributor should be taken into account so that the seed material is evenly distributed over the entire width of the sown strip. In this study, we determine the width of the sown strip, the height of the seed distributor, and the number of seed distributor guides.

**Keywords:** pneumatic seed drill, pointed foot, seed dispenser.

Во избежание неравномерного разброса семян и их поверхностной заделки, конструкция распределителей посевного материала приспособлена к вертикальной направленности потока, которая преобладает в основном у иностранных производителей. Данная тенденция, хотя и способствует широкому распределению почвы, ограничивает семена от погружения на заданную глубину, вынуждая увеличить силу воздушного потока и ведущая к необходимости повышения норм высева. Рассматривая альтернативы, утверждение о значимости многогранной характеристики распределений складывается исходя из данных о взаимодействии рабочих органов, угла разброса и высоты установки распределителя. Эти параметры являются решающими при обеспечении равномерной доставки семян в создаваемое подлаповое пространство при динамике по полю, где сошник, оснащенный

стреляющим механизмом, перемещается, формируя удобное для семян пространство. Семяпровод будет функционален, направляя потоки семян в распределитель, если принимать во внимание интенцию равномерного покрытия всей площади полосы посева, что означает четкое управление направлением потока семян. (рисунок 1).

В процессе проектирования распределителей семян, ключевым является определение допуска перекрытия сеющих элементов - лап стрельчатого типа, которое позволяет адаптировать устройство под различные методы агротехнической культивации земли. Вариативность этого параметра составляет от 40 до 80 миллиметров. К тому же, не менее важной характеристикой при расчете является установка ширины стрельчатой лапы, интегральной составляющей посевного агрегата, где определение её размеров становится краеугольным для эффективного распространения семян. Ширина засеваемой полосы определяется по формуле:

$$b = B - 2 \cdot \Delta b, \quad (1)$$

где  $B$  – ширина стрельчатой лапы, м;  $\Delta b$  – ширина перекрытия стрельчатых лап, м.

Угол разброса посевного материала определяется:

$$\beta = 90 - \cos^{-1} \left( \cos \alpha \cdot \frac{b}{B} \right), \quad (2)$$

где  $\alpha$  – угол наклона крыльев стрельчатой лапы к горизонту, град.

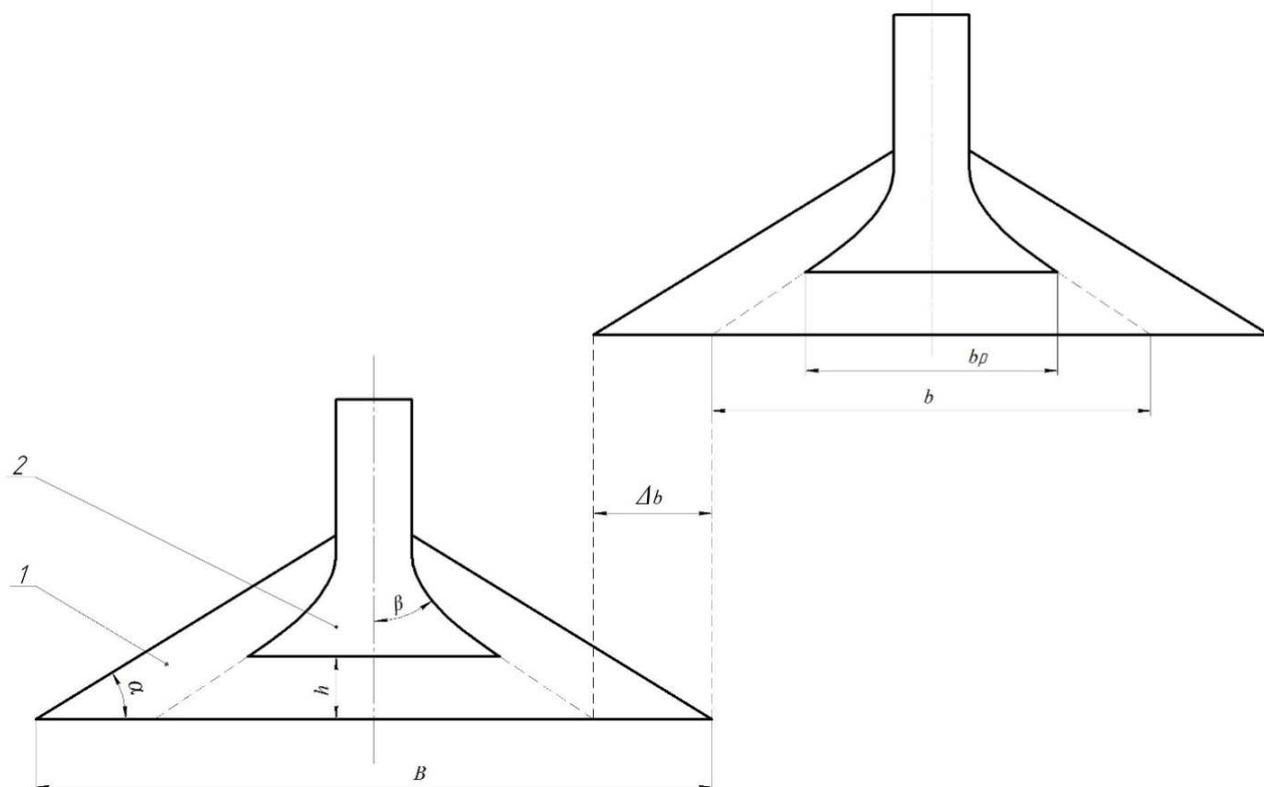


Рисунок 1. Схема сошника с распределителем семян:

1 – стрельчатая лапа; 2 – распределитель;  $\alpha$  – угол наклона крыльев стрельчатой лапы к горизонту;  $B$  – ширина стрельчатой лапы;  $b_p$  – ширина распределителя,  $b$  – ширина распределяемой полосы;  $\Delta b$  – ширина перекрытия стрельчатых лап

Высота размещения распределителя вычисляется по формуле:

$$h = \left( \frac{b - b_p}{2} \right) \cdot \operatorname{tg} \alpha. \quad (3)$$

Ключевым элементом механизма дозатора семенных культур служат направляющие приспособления потоков. Они предназначены для достижения однородности дисперсии семенного материала. Учитывая, что в определенный отрезок времени конкретное число семян может пребывать в путях семяпровода, объем семян возможно подсчитать, используя специально разработанную формулу:

$$k = \frac{Q \cdot B_c \cdot v \cdot g \cdot \rho}{c \cdot M \cdot 10 \cdot (v_n - v_k)}, \quad (3)$$

где  $Q$  – норма высева, кг/га;  $B_c$  – ширина сеялки, м;  $v$  – скорость движения сеялки, м/с;  $c$  – количество сошников, шт;  $M$  – масса тысячи семян, кг;  $\rho$  – площадь сечения семяпровода, м<sup>2</sup>;  $v_n$  – скорость зерна в начале распределителя, м/с;  $v_k$  – скорость зерна в конце распределителя, м/с.

Ввиду того, что между семенами в семяпроводе имеется свободное пространство, то проверка истинности выражения 3 проверяется следующим неравенством:

$$k \leq \frac{\rho}{d_{\text{ЭКВ}}}, \quad (4)$$

где  $d_{\text{ЭКВ}}$  – эквивалентный диаметр семени, определяемый по следующему выражению:

$$d_{\text{ЭКВ}} = \sqrt[3]{l \cdot a \cdot b}, \quad (5)$$

где  $l$  – длина семени,  $a$  – ширина семени,  $b$  – толщина семени.

Расчет количества направителей в распределителе сводится к определению количества интервалов, на которые будет разделено выходное отверстие распределителя. Из конструктивных параметров сеялки известно, что семена движутся под воздействием потока воздуха, поэтому при конструировании принимаем, что один направитель будет располагаться посередине для деления потока семян. Из геометрических параметров зерна пшеницы следует вывод о том, что в один интервал между направителями распределителя нецелесообразно направлять один или два зерна, так как такое решение повлечет за собой увеличение количества направителей, а, следовательно, и усложнит конструкцию. Принимаем, что в один интервал между направителями будут направлены не больше трех зерен, тогда количество направителей распределителя будет вычисляться из выражения:

$$n = \frac{b_p}{d_{\text{ЭКВ}}} - 1. \quad (6)$$

Чтобы избежать ошибочных расчетов количества направителей распределителя, выражение 6 должно отвечать следующему неравенству:

$$n \leq \frac{k}{3}. \quad (7)$$

Таким образом, анализ способов увеличения дальности распределения семян в сошниках для внутривспашечного посева при использовании зерновой пневматической сеялки показал, что обеспечить равномерность распределения посевного материала в плодородном слое почвы позволит применение в конструкции сеялки распределителя семян, имеющего направители.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гужин И.Н. Совершенствование технологического процесса распределения семян зерновых культур с обоснованием параметров сошника для подпочвенного разбросного посева: автореф. дисс. на соиск. учен. канд. техн. наук : 13.09.03 / Гужин Игорь Николаевич; ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия» – Пенза, 2003. – 20 с.
2. Комаров Ю.В. Анализ конструкций для подпочвенного разбросного посева семян / Ю.В. Комаров, С.А. Романчиков, С.В. Тимофеев // Научная мысль. – 2015. – №3. – С. 96–101.
3. Веденяпин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г.В. Веденяпин. – Изд. 3-е, доп. – Москва: «Колос», 1973. – 199 с.

## REFERENCES

1. Guzhin I.N. Improving the technological process of distributing grain seeds with justification of opener parameters for subsoil broadcast sowing: abstract of thesis. diss. for the job application Candidate of Science tech. Sciences: 13.09.03 / Guzhin Igor Nikolaevich; FGOU VPO «Samara State Agricultural Academy». Penza, 2003. 20 p.
2. Komarov Yu.V. Analysis of structures for subsoil broadcast seeding. Scientific thought. 2015; (3) : 96–101.
3. Vedenyapin G.V. General methodology of experimental research and processing of experimental data. Ed. 3rd, add. Moscow: «Kolos», 1973. – 199 p.

Научная статья  
631.354.024/.028

## ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИЙ РЯДКОВЫХ АДАПТЕРОВ ДЛЯ УБОРКИ ПОДСОЛНЕЧНИКА

*С.В. Еришов*

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

**Аннотация:** рассмотрены рядковые адаптеры для уборки подсолнечника как отечественного, так и зарубежного производства. Представлены особенности конструкций лифтёров с транспортёрами, вибростолами и лотками для сбора осыпанных маслосемян, транспортирующих шнеков. Дана сравнительная анализ работы адаптеров, оснащённых различными лифтёрами.

**Ключевые слова:** адаптер, лифтёр, делитель, транспортёр для маслосемян и корзинок, вибростол, отгибающий щиток, лоток для сбора маслосемян, захват, гребёнка, размеры, высота лепестка, ширина, расстояние между центрами вершин, расстояние между центрами впадин, форма лепестка, особенность конструкции, шнек, навивка с зубцами.

Original article

## DESIGN FEATURES ROW ADAPTERS FOR CLEANING SUNFLOWER

*S.V. Ershov*

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

**Abstract:** row adapters for sunflower harvesting of both domestic and foreign production are considered. The design features of lifters with conveyors, vibrating tables and trays for collecting showered oilseeds, transporting augers are presented. A comparative analysis of the operation of adapters equipped with various elevators is given.

**Keywords:** adapter, lifter, divider, conveyor for oilseeds and baskets, vibrating table, bending flap, tray for collecting oilseeds, gripper, comb, dimensions, petal height, width, distance between the centers of vertices, distance between the centers of depressions, petal shape, design feature, screw, winding with teeth.

## **Введение:**

Современное развитие комбайностроения, а также адаптеров, приставок и приспособлений для уборки сельскохозяйственных культур характеризуется существенным разнообразием, ориентированным на различные сегменты рынка сельскохозяйственной техники России. Широкий спектр технических средств уборки обусловлен рядом факторов, определяющих эффективное использование того или иного технического средства: природно-климатические, экономические, технические и другие.

Серийные технические средства для комбайновой уборки подсолнечника можно разделить на адаптеры, жатки и приспособления.

Под адаптером понимают техническое средство, агрегируемое с комбайном, рабочие органы или элементы которого, ориентированы на физико-механические свойства или геометрические размеры убираемого стеблестоя [12].

**Методика исследований:** Основным рабочим элементом транспортно-технологической системы адаптера является лифтёр, оборудованный транспортёрами для маслосемян и корзинок, отгибающим стебель, и перекрывающим пространство между лифтёрами, щиток, вибростол, или лоток для сбора осыпавшихся маслосемян. Различие между адаптерами обусловлено конструктивными особенностями лифтёров, имеющих различное исполнение, а также форму, материал щитков, лотков или дополнительных конструктивных элементов, способствующих снижению потерь маслосемян [15]. Поэтому для полноценного анализа целесообразно рассмотреть конструкции наиболее распространённых адаптеров как отечественного, так и зарубежного производства [6].

Следуя ряду исследований и производственных оценок жаток и адаптеров, основным источником потерь при комбайновой уборке подсолнечника, принято считать осыпание маслосемян за жаткой [3]. Поскольку осыпанные маслосемена остаются на почве, эти потери являются наиболее критичными и считаются «безвозвратными». Анализ данного вида потерь указывает на ряд показателей, которые можно разделить на агрономические и технические.

Агрономические показатели характеризуются неравномерностью созревания корзинок, отсутствие десикации и затягивание сроков уборки. Известно, что увеличение осыпания маслосемян пропорционально снижению рекомендуемой влажности маслосемян и корзинок, что снижает силы, удерживающие маслосемяна в корзинке.

Технические показатели обусловлены использованием зерновых жаток на уборке подсолнечника, переоборудованием или оснащением дополнительными конструктивными элементами, ориентированных на физико-механические особенности стеблестоя [13]. Лопастей мотовила в той, несмотря на их оснащение деревянными или обрешеченными планками в той или иной мере, увеличивают осыпание за счёт ударного воздействия на стебли или корзинки. И не позволяют снизить ускорение её движения в процессе подвода к режущему аппарату. Поэтому, при разработке и проектировании адаптеров и жаток для уборки подсолнечника, целесообразно учитывать и геометрическое строение стебля [16].

Неверный выбор режимов работы адаптера или жатки, недостаточная точность технологических регулировок, износ рабочих поверхностей транспортно-технологических систем, также относят к техническим показателям.

В настоящее время, наиболее распространённым техническим средством для уборки подсолнечника являются адаптеры. Основной отличительной особенностью которых от жаток считается технология захвата стеблей с подводом их к режущему аппарату и дальнейшему перемещению к транспортирующему шнеку [4].

Известно разделение сельскохозяйственных культур по ряду агрономических классификаторов, характеризующих их существенное различие по характеристикам стеблестоя и зернового вороха. Согласно агротехнической оценке работы зерноуборочных комбайнов, основными показателями являются: потери зерна за жаткой, молотилкой, содержание зерна в соломе и полове, содержание повреждённого зерна и сорных примесей в бункерном ворохе [3]. У некоторых культур, например, подсолнечник и просо, агротребованиями предусмотрено содержание облущенных семян в бункерном ворохе, что характеризует работу молотильного аппарата.

## Результаты исследований:

У адаптеров захват стеблей и корзинок производится не мотовилом, как у жатки, а цепными транспортёрами, представляющими собой замкнутый контур цепи, движущейся горизонтально под лифтёром адаптера (рис. 1). Захват или упор захватывает стебель, и посредством движения цепи, тянет его к режущему аппарату. Лифтеры установлены на кронштейнах рамы корпуса адаптера, и состоят из делителя *1* и отгибающего щитка *4*. На верхней части лифтёра, между отгибающими щитками *4*, перекрывающими зазор между лифтёрами, установлен ленточный транспортёр *3* для осыпающихся в процессе транспортирования маслосемян и оторвавшихся корзинок [2]. При движении захваченного упором стебля, щиток наклоняет его таким образом, чтобы корзинка находилась на ленточном транспортёре *3*, и осыпание вымолоченных от воздействия на стебель упоров, маслосемян осуществлялось на полотно транспортёра.



Рисунок 1. Конструкция лифтёров адаптера «Falcon 870»:  
*1* – делитель; *2* – транспортёр для стеблей; *3* – транспортёр для корзинок и маслосемян; *4* – отгибающий щиток

Подобная технология предусматривает вытягивание стебля с его последующим срезом у основания корзинки, что снижает нагрузку на молотильный аппарат, и травмируемость маслосемян от остатков стеблей. Согласно техническим характеристикам, потери маслосемян за адаптером, при установленных ГОСТом условиях уборки не превышают 2,5 % от биологической урожайности [2]. Адаптеры «Falcon» выпускают для уборки 4, 6, 8 и 12 рядов,

агрегатируемые как с отечественными, так и с зарубежными комбайнами. Дополнительно адаптер оборудуется комплектом понижения оборотов шнека ( $n=503 \text{ мин}^{-1}$ ) [7]. Выпускает адаптеры ООО «Комбайновый завод «Ростсельмаш». Адаптер оборудован шнеком без пальчикового механизма, с зубчатыми витками в центре. Аналогичную конструкцию лифтёров и ширину захвата имеют адаптеры венгерского производства «Oros sun» (г. Орошзаха) [5].

Схожей конструкцией лифтёров оборудованы адаптеры конструкции НАШ-673, 873, 1273, выпускаемых заводом СП «Унисибмаш» [9, 10]. Особенностью конструкции адаптеров считают наличие вибростола, обеспечивающего транспортирование осыпанных маслосемян и корзинок к шнеку. Адаптеры изготавливают для уборки 6, 8 и 12 рядов подсолнечника, с междурядьями 50–56 и 70–76 см. Для комбайнов как отечественного, так и зарубежного производства, адаптер имеет свою модификацию от 01 до 10. Так, например, адаптер НАШ-873-09 изготавливают под комбайны «Lexion» и «Tiscano» фирмы CLAAS и т. д. Шнек адаптера НАШ, как и «Falcon» не имеет пальчикового механизма, а центральные витки изготовлены с зубцами (рис. 2).



Рисунок 2. Центральная зубчатая часть шнека адаптера НАШ-873

К недостаткам адаптеров, оборудованных лифтёрами с отгибающими щитками, можно отнести, что при увеличении скорости движения комбайна, возникает вероятность отрыва корзинки щитком, что приводит к забиванию пространства между лифтёрами.

Отличительной особенностью зарубежных адаптеров от отечественных является отсутствие ленточных транспортёров или вибростолов для

перемещения маслосемян и корзинок к шнеку. Поверхность лифтёров выполнена из полимерного материала с углублением в виде желоба 3, по которой осуществляется перемещение осыпанных маслосемян к шнеку адаптера (рис. 3). В подобных конструкциях лифтёров отсутствуют щитки, изгибающие стебель, и направляющие корзинку в сторону желоба или транспортёра [8]. Функцию щитков, в этом случае, выполняют отогнутые бортики лотков лифтёров, но это не перекрывает пространства между лифтёрами (рис. 3).



Рисунок 3. Лифтёр адаптера «Fantini» G03-GH3:  
 1 – делитель; 2 – захват цепного транспортёра стеблей;  
 3 – желоб лифтёра для маслосемян

Для снижения воздействия на стебель при его захвате и транспортировке, захваты цепного транспортёра адаптера «Fantini» G03-GH3 выполнены из твёрдой резины [8] и имеют форму усечённой пирамиды (рис. 4).



Рисунок 4. Резиновые захваты цепного транспортёра стеблей адаптера «Fantini» G03-GH3

Центральная часть шнека адаптера оборудована съёмными лопатками с возможностью регулировки в зависимости от урожайности, или заменой на лопасти или резиновые закрылки (рис. 5) [8].



Рисунок 5. Съёмные регулируемые лопасти шнека адаптера «Fantini» G03-GH3

Адаптер производят с цельной рамой для уборки подсолнечника от 3 до 12 рядов. Складывающиеся модификации изготавливают для уборки от 6 до 12 рядов. Аналогичной конструкцией лифтёров оснащены адаптеры «Gressoni SG 3» (рис. 6) [1] и «Dominoni Top sun» [12] (рис. 7).



Рисунок 6. Адаптер адаптеры «Gressoni SG 3» (Италия)



Рисунок 7. Лифтёр адаптера «Dominoni Top sun» (Италия)

К отечественным образцам с лифтёрами, с лотками для транспортёров маслосемян, можно отнести адаптер ПЗС-8 (ООО «Лискисельмаш»). Адаптер также оборудован шнеком с навивкой с зубцами в центральной части [14].



Рисунок 8. Адаптер ПЗС-8 (ООО «Лискисельмаш», г. Лиски, Воронежская область)

Особенностью подобных конструкций является отсутствие щитка 4 (см. рисунок 1), отгибающего стебель к транспортёру. В данной технологии, стебель не подвержен принудительному наклону, что позволяет оператору увеличивать скорости без риска отрыва корзинки щитком и забивания пространства между лифтёрами. Однако, с учётом того, что пространство между лифтёрами не перекрыто щитками, можно предположить вероятность осыпания маслосемян на почву.

Турецкий аналог адаптеров с лотками для перемещения маслосемян представлен конструкцией «Aktürk Makina» [11] (рис. 9).



Рисунок 9. Адаптер «Aktürk Makina» (Турция)

В конструкциях лифтёров «Aktürk Makina» предусмотрены отгибающие щитки, ориентирующие корзинку стебля над лотком для перемещения

маслосемян. Поверхность верхней части делителя выполнена цельной и покрыта лакокрасочным материалом, снижающим трение между стеблем и щитком. Адаптер изготавливают с шириной захвата 4440 и 5840 мм с возможностью уборки 6 и 8 рядков. Как заявляют производители, адаптеры могут работать на скорости 10–12 км/ч.

### **Заключение:**

Проведённый анализ конструкций двух отечественных адаптеров «Falcon 870» и «НАШ» показал, что их оборудование транспортёрами маслосемян и вибростолами, а также отгибающими щитками, может сдерживать скоростной режим комбайна по причине отрыва корзинок и забивания, вследствие этого, пространства между делителями. Кроме того, транспортёры увеличивают материалоемкость всей конструкции, повышают энергозатраты на привод. Отечественная конструкция, представленная адаптером ПЗС-8, как и зарубежные «Fantini» G03-GH3, «Dominoni Top sun» и «Akturk Makina» не оборудованы транспортёрами маслосемян. Их перемещение к шнеку адаптера осуществляется самотёком по днищу лотка. Модели ПЗС-8, «Fantini» G03-GH3 и «Dominoni Top sun» не имеют существенных отличий в конструкциях лифтеров. Функцию отгибающего щитка у них выполняет бортик лифтера, выполненный с наклоном на внешнюю сторону, но не обеспечивающий перекрытия пространства между лифтерами. Это может позволить увеличивать скорость движения комбайна, но отсутствие перекрытия привести к дополнительному осыпанию маслосемян на почву. Лифтер турецкого адаптера «Akturk Makina», также не оборудован транспортёрами, но имеет отгибающий щиток, наклоняющий стебель над лотком для осыпания маслосемян. Лифтеры «Akturk Makina» покрыты лакокрасочным покрытием, позволяющим снизить сопротивление движения стебля по щитку, что также предполагает увеличение скорости уборки, при возможном сокращении потерь маслосемян осыпанием.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жатка для подсолнечника SG3 («Gressoni», Италия) [Электронный ресурс] : АСМ. Агротехмаш. Жатки. Жатки для подсолнечника. Режим доступа: <https://risagro.ru/katalog/zhatki/zhatki-dlya-podsolnechnika/zhatka-dlya-podsolnechnika-sg3-gressoni-italiya/>.
2. Жатки для уборки подсолнечника Falcon [Электронный ресурс] : Klever. Каталог. Уборка подсолнечника. Режим доступа : <https://www.kleverltd.ru/catalog/headers/sunflowers/FALCON/>.
3. Рекомендации по снижению потерь и механических повреждений зерна при уборке урожая в Западном Казахстане. Методические указания. / Сост. : М.М. Константинов, А.П. Ловчиков, Б.Н. Нуралин [и др.] ; Западно-Казахстанский государственный университет имени М. Утемисова. – Уральск. – 43 с.
4. Липкович, И.Э. Повышение эффективности уборки семян подсолнечника с результатами испытаний навесного уборочного адаптера ПРП-12 / И.Э. Липкович, В.А. Луханин, И.В. Егорова [и др.] // Агротехинфо. № 2 (62). – 2024. – Порядковый номер 36.
5. Oros sun. Жатки для комбайнов [Электронный ресурс] : Инагротех. Режим доступа : <https://oros.ru/services/podsolnechnikovy-zhatki/zhatka-oros-sun/>.
6. Пат. 2023668092 Российская Федерация, МПК. Поиск рационального режима работы зерноуборочного комбайна при обмолоте семян подсолнечника / А.В. Химченко, А.В. Чернышов. – № 2023667463 ; заявл. 23.08.2023; опубл. 23.08.2023. Объем: 1,1 Мб.
7. Приспособление для уборки подсолнечника ПСП-870. Руководство по эксплуатации. Каталог деталей и сборочных единиц ПСП-870.00.000РЭ. Версия 4. ООО «Комбайновый завод «Ростсельмаш».
8. Подсолнечная жатка рядковая «Fantini» G03-GH3 [Электронный ресурс] : Союз производителей Агроцентр-юг. Официальный дилер на Юге России. Техническая информация. Режим доступа : <https://agrocentr-ug.ru/wp-content/uploads/2021/08/Opisanie-podsolnechnik-ryadkovye-zhatki-G03-GH3.pdf>.

9. Производство жаток для подсолнуха, рядковых и безрядковых! [Электронный ресурс] : Завод СП «Унисибмаш». Режим доступа : [https://наш873.рф/?utm\\_source=yandex-ms&utm\\_medium=src&utm\\_campaign=poisk&utm\\_content=gatka&utm\\_term=Жатка%20873\\_type1\\_5852454667\\_45509610373\\_desktop\\_premium\\_3\\_Саратов\\_35494301&roistat\\_referrer=none&roistat\\_pos=premium\\_3&roistat=direct8\\_search\\_5852454667\\_Жатка%20873&yclid=16708687584087506943](https://наш873.рф/?utm_source=yandex-ms&utm_medium=src&utm_campaign=poisk&utm_content=gatka&utm_term=Жатка%20873_type1_5852454667_45509610373_desktop_premium_3_Саратов_35494301&roistat_referrer=none&roistat_pos=premium_3&roistat=direct8_search_5852454667_Жатка%20873&yclid=16708687584087506943).

10. Рядковые жатки «НАШ» 673; 873; 1273; 1256 [Электронный ресурс] : Агросервер.ru. Российский агропромышленный сервер. Жатки. Режим доступа: <https://agroserver.ru/b/ryadkovye-zhatki-nash-673-873-1273-1256-1749396.htm>.

11. Рядковые жатки для подсолнечника «Akturk Makina» 6, 8 рядные и др. [Электронный ресурс] : Новые технологии. Режим доступа : <https://akturkmakina.nt-rt.ru/catalog/ryadkovye-zatki-dlya-uborki-podsolnecnika>.

12. Старцев А.С. Совершенствование технологических процессов и технических средств уборки подсолнечника : дис. ... д-р техн. наук : 05.20.01 : защищена 18.12.2020 : утв. : 12.04.2021 г. / Старцев Александр Сергеевич ; ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ имени Н.И. Вавилова». – Саратов, 2020. – 447 с.

13. Старцев А.С. Equations of rotation auger-swift header sunflower equipment when various forms valves / А.С. Старцев, Е.Е. Демин, С.А. Иванов [и др.] // The Agrarian Scientific Journal. – 2017. – №10. – С. 55–60.

14. Чаплыгин М.Е. Современные приспособления и жатки для уборки подсолнечника / М.Е. Чаплыгин // В сборнике: Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства. Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции. Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства. – 2015. – С. 176–179.

15. Startsev A.S. Results of the production test of sunflower harvesting attachment with an auger reel / E.E., Demin, A.V. Danilin, O.A. Vasilyev, A.G. Terentyev // В сборнике IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. International AgroScience Conference, AgroScience 2019. 2020. – С. 012006.

16. Startsev A.S. Dynamic characteristics of the sunflower stem / A. S. Startsev // Хранение и переработка зерна. – 2016. – №6. – С. 94.

## REFERENCES

1. Sunflower harvester SG3 ("Gressoni", Italy) [Electronic resource] : AFM. Agropetsmash. Harvesters. Harvesters for sunflower. Access mode: <https://risagro.ru/katalog/zhatki/zhatki-dlya-podsolnechnika/zhatka-dlya-podsolnechnika-sg3-cressoni-italiya/>.
2. Harvesters for harvesting Falcon sunflower [Electronic resource] : Klever. Catalog. Sunflower harvesting. Access mode : <https://www.kleverltd.ru/catalog/headers/sunflowers/FALCON/>.
3. Recommendations for reducing losses and mechanical damage to grain during harvesting in Western Kazakhstan. Methodological guidelines. / Comp. : M.M. Konstantinov, A.P. Lovchikov, B.N. Nuralin [et al.]; West Kazakhstan State University named after M. Utemisov. – Uralsk. – 43 p.
4. Lipkovich I.E. Improving the efficiency of harvesting sunflower seeds with the test results of the mounted harvesting adapter PRP-12 / I.E. Lipkovich, V.A. Lukhanin, I.V. Egorova [et al.] // Agroecoinfo. № 2 (62). – 2024. – The serial number is 36.
5. Oros sun. Harvesters for combines [Electronic resource] : Inagrotech. Access mode : <https://oros.ru/services/podsolnechnikovye-zhatki/zhatka-oros-sun/>.
6. Pat. 2023668092 Russian Federation, IPC. The search for a rational mode of operation of a combine harvester when threshing sunflower seeds / A.V. Khimchenko, A.V. Chernyshov. – No. 2023667463 ; application. 08/23/2023; publ. 08/23/2023. Volume: 1.1 MB.
7. Sunflower harvesting device PSP-870. User manual. Catalog of parts and assembly units PSP-870.00.000RE. Version 4. Rostselmash Combine Plant LLC.
8. Sunflower harvester row "Fantini" G03-GH3 [Electronic resource] : Union of producers Agrocenter-south. The official dealer in the South of Russia. Technical information. Access mode : <https://agrocentr-ug.ru/wp-content/uploads/2021/08/Opisanie-podsolnechnik-ryadkovye-zhatki-G03-GH3.pdf>.
9. Production of harvesters for sunflower, row and rowless! [Electronic resource] : The plant of the joint venture "Unisibmash". Access mode :

[https://наш873.pdf/?utm\\_source=yandex-ms&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=poisk&utm\\_content=gatka&utm\\_term=Жатка%20873\\_type1\\_5852454667\\_45509610373\\_desktop\\_premium\\_3\\_Саратов\\_35494301&roistat\\_referrer=none&roistat\\_pos=premium\\_3&roistat=direct8\\_search\\_5852454667\\_Жатка%20873&yclid=16708687584087506943](https://наш873.pdf/?utm_source=yandex-ms&utm_medium=cpc&utm_campaign=poisk&utm_content=gatka&utm_term=Жатка%20873_type1_5852454667_45509610373_desktop_premium_3_Саратов_35494301&roistat_referrer=none&roistat_pos=premium_3&roistat=direct8_search_5852454667_Жатка%20873&yclid=16708687584087506943).

10. Row harvesters "OUR" 673; 873; 1273; 1256 [Electronic resource] : *Агросервер.ру* . Russian agro-industrial server. Harvesters. Access mode: <https://agroservers.ru/b/ryadkovye-zhatki-nash-673-873-1273-1256-1749396.htm>

11. Row harvesters for sunflower "Akturk Makina" 6, 8 row, etc. [Electronic resource] : *New technologies*. Access mode : <https://akturkmakina.nt-rt.ru/catalog/ryadkovye-zatki-dlya-uborki-podsolnecnika>.

12. Startsev A.S. Improvement of technological processes and technical means of sunflower harvesting : dis. ... Doctor of Technical Sciences : 05.20.01 : protected on 12/18/2020 : approved : 04/12/2021 / Startsev Alexander Sergeevich ; Saratov State University named after N.I. Vavilov. – Saratov, 2020. – 447 p.

13. Startsev A.S. Equations of rotation auger-swift header sunflower equipment when various forms valves / A.S. Startsev, E.E. Demin, S.A. Ivanov [et al.] // *The Agrarian Scientific Journal*. – 2017. – No.10. – pp. 55–60.

14. Chaplygin M.E. Modern devices and harvesters for harvesting sunflower / M.E. Chaplygin // In the collection: *Intelligent machine technologies and equipment for the implementation of the State Program for the development of agriculture. Collection of scientific reports of the International Scientific and Technical Conference. All-Russian Scientific Research Institute of Agricultural Mechanization*. – 2015. – pp. 176–179.

15. Startsev A.S. Results of the production test of sunflower harvesting attachment with an auger reel / E.E., Demin, A.V. Danilin, O.A. Vasilyev, A.G. Terentyev // In the collection of *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. International AgroScience Conference, AgroScience 2019*. 2020. – C. 012006.

16. Startsev A.S. Dynamic characteristics of the sunflower stem / A.S. Startsev // *Grain storage and processing*. – 2016. – No.6. – p. 94.

Научная статья

УДК 339.13.012

**САПРОПЕЛИ: КАК ПРИРОДНЫЙ РЕСУРС ОРГАНИЧЕСКОГО СЫРЬЯ  
И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА  
ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА**

*С.А. Макаров, А.В. Данилин, М.А. Приданов, Е.А. Миронова*

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

**Аннотация:** сапропели представляют собой уникальные природные органоминеральные отложения, образующиеся на дне водоемов в результате накопления и трансформации остатков водной растительности, фитопланктона, зоопланктона и другого органического материала. Благодаря своему богатому химическому составу и комплексу биологически активных веществ, сапропели обладают широким спектром полезных свойств, что определяет их ценность как ценного природного ресурса для применения в различных отраслях, в том числе и в сельском хозяйстве.

**Ключевые слова:** сапропели, природный ресурс, органические вещества, минеральные вещества, гумусоподобные вещества, макро- и микроэлементы, удобрения, мелиоранты, рост растений, устойчивость, качество продукции, урожайность, плодородие почвы, внесение, гранулированный сапропель, деревья, кустарники, теплицы, минеральные удобрения, торф, песок, буртование.

Original article

**SAPROPELS: AS A NATURAL RESOURCE OF ORGANIC  
RAW MATERIALS AND THEIR IMPACT ON THE EFFICIENCY  
OF CROP PRODUCTION**

*S.A. Makarov, A.V. Danilin, M.A. Pridanov, E.A. Mironova*

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

**Abstract:** sapropels are unique natural organomineral deposits formed on the bottom of water bodies as a result of accumulation and transformation of the remains of aquatic vegetation, phytoplankton, zooplankton and other organic material. Due to their rich chemical composition and a complex of biologically active substances, sapropels have a wide range of useful properties, which determines their value as a valuable natural resource for use in various industries, including agriculture.

**Keywords:** sapropel, natural resource, organic matter, mineral matter, humus-like substances, macro- and microelements, fertilizers, ameliorants, plant growth, sustainability, product quality, yield, soil fertility, application, granulated sapropel, trees, shrubs, greenhouses, mineral fertilizers, peat, sand, boring.

Одной из задач современного сельского хозяйства является повышение эффективности производства продукции растениеводства. Для решения этой задачи большое значение имеет использование различных природных органических ресурсов в качестве удобрений и мелиорантов. Среди таких ресурсов особое место занимают сапропелевые отложения пресноводных водоемов, богатые органическими веществами и биогенными элементами.

Сапропели представляют собой уникальный природный ресурс, образующийся в результате многолетнего накопления остатков водных организмов, высшей водной растительности и минеральных веществ на дне пресных водоемов. В результате естественных биохимических процессов эти органические и минеральные материалы претерпевают трансформацию, превращаясь в сложный комплекс гумусоподобных веществ, макро- и микроэлементов [0, 0].

Химический состав сапропелей характеризуется высоким содержанием органических веществ (до 70–90% сухой массы), азота, фосфора, калия, кальция, магния, серы и широкого спектра микроэлементов. Такой уникальный состав обуславливает ценность сапропелей как эффективных органических удобрений и мелиорантов, богатый химический состав, включающим в себя макро и микроэлементы, необходимые для питания растений, а также значительное количество гуминовых и фульвовых кислот [0, 0].

Благодаря этому сапропели проявляют целый комплекс положительных эффектов. Основные полезные свойства сапропелей:

- повышение плодородия и улучшение физических, химических и биологических свойств почв;
- стимуляция роста и развития растений за счет содержания биологически активных веществ, витаминов и ферментов;
- повышение устойчивости растений к неблагоприятным факторам окружающей среды;
- обеспечение сбалансированного питания растений за счет комплекса макро- и микроэлементов;
- улучшение качества сельскохозяйственной продукции, увеличение ее выхода и повышение товарных характеристик [0].

Использование сапропелей в качестве органических удобрений и мелиорантов позволяет существенно повысить эффективность производства продукции растениеводства. Они применяются как самостоятельно, так и в составе различных органоминеральных комплексов и композитов. Сапропели могут использоваться для обработки почвы, корневой подкормки, некорневых обработок посевов, а также при выращивании рассады и саженцев [0]. Стабилизация запаса гумуса в почве определяется поступлением в нее органических веществ. В условиях сельскохозяйственного землепользования большая роль при этом отводится органическим удобрениям. Однако потребность в них удовлетворяется лишь на 30%. Это приводит к значительному уменьшению плодородия почвы. Происходит потеря агрономически ценной структуры, снижается эффективность применяемых минеральных удобрений, прогрессируют эрозионные процессы. В связи с этим важное значение приобретает использование вторичного сырья и отходов.

Практика показывает, что применение сапропелей способствует:

- увеличению урожайности сельскохозяйственных культур на 30-60% в зависимости от культуры и условий;

- улучшению качественных показателей продукции, таких как содержание питательных веществ, сахаров, витаминов и др.;
- повышению устойчивости растений к болезням, вредителям и неблагоприятным климатическим факторам;
- восстановлению и повышению плодородия деградированных и малопродуктивных почв;
- снижению потребности в минеральных удобрениях за счет комплексного питания растений.

К культурам сплошного сева относятся злаковые культуры, многолетние и однолетние травы, зернобобовые, технические культуры и т.п. Под эти культуры лучше всего вносить сапропель высушенный (влажностью не более 10%), измельчённый в порошок на поверхность почвы из расчёта: 2,5 кг/кв.м; супесчаных 2 кг/кв.м, суглинистых 1,5 кг/кв.м, глинистых 1 кг/кв.м. Для внесения сапропеля лучше всего рекомендуется осуществлять весной перед севом. Периодичность внесения 1 раз в 4-5 лет. Возможно так же внесение гранулированного сапропеля (размеры гранул 4-8мм). При внесении гранулированного сапропеля рекомендуется его заделка в пахотный слой путём проведения дискования в два следа или глубокого фрезерования (Борона БДТ-3,0; Фреза ФБ-2,0). Для более равномерного внесения целесообразно увеличить дозу внесения гранулированного удобрения [0].

Пропашные культуры объединены в одну группу по способу возделывания. Значительное место среди пропашных культур занимают корни и клубнеплоды, сахарная свекла, картофель, столовые корнеплоды (свекла, морковь), кормовые корнеплоды (свекла, турнепс, морковь) и овощи. Сапропель под такие культуры лучше всего вносить перед посевом дискретно в рядки в гранулированном виде из расчёта 15-20т/га. Для этого можно использовать туковые сеялки. В период деградации сапропель можно вносить в междурядья в порошкообразном виде из расчёта 10 т/га. Периодичность внесения один раз в 3–4 года.

Сапропель используют при посадках деревьев и кустарников. Он выполняет две функции: удобрительную и водо-аккумулирующую. В каждую яму вносят удобрение: суперфосфат, гранулированный 150, аммиачную селитру и хлористый калий по 50 граммов. Минеральные удобрения предварительно перемешивают с сапропелем и верхним слоем почвы и сбрасывают на дно ямы. Лучше всего вносить сырой сапропель при влажности 60%, так как находящаяся в сапропеле вода будет постепенно использоваться растениями. Необходимый объём сапропеля составляет 6 кг для кустарников и 8–10кг для деревьев. Взрыхлённую почву вокруг мульчируют порошкообразным сапропелем.

В теплицах сапропель рекомендуется использовать вместе с минеральными удобрениями, рассчитанными для определённой культуры. При внесении в тепличный грунт сапропель обеспечивает более продолжительное его использование за счёт сорбции накопленных тяжёлых металлов и других поллютантов, а также за счёт формирования более благоприятной структуры грунта. Периодичность замены грунта в теплицы при применении сапропеля можно увеличить с 5 до 7 лет. Внесение сапропеля в тепличный грунт целесообразно при формировании грунта. Все составляющие тепличного грунта (торф, песок, минеральные удобрения и сапропель) тщательно перемешиваются и буртуются. Продолжительность буртования 2–3 недели. Масса сапропеля при влажности 60% должна составлять не менее 30% от общей массы необходимого грунта. Подготовленный таким образом грунт помещается в теплице и может использоваться под все его культуры [0, 0].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петербургский А.В. Почва, удобрения и урожай. Знание, 1985. – 64–87 с.
2. Артюшин А.М., Державин Л. М. Краткий справочник по удобрениям // Колос, 1984. – 208 с.

3. Афендулов К.П., Лантухова А.И. Удобрения под планируемый урожай // Колос, 1973. – 240 с.
4. Бодрова Е.М., Озолина З.Д. Совместное применение органических и минеральных удобрений. Россельхозиздат, 1965. – 143 с.
5. Варюшкина Н.М. Потери питательных веществ из почв и удобрений. ВНИИТЭИСХ, 1980. – 35 с.
6. Вирясов Г.П., Шурыгина Р.П. Проблемы использования сапропелей в народном хозяйстве: Тез. докл. Третьей респ. науч. конф. – Минск, 1981. – С. 102–104.
7. Евдокимова Г.А., Будай Т.К. Виды сапропелевого сырья России для производства удобрений // Торф. промть. – 1987.

#### REFERENCES

1. Peterburgsky A.V. Soil, fertilizers and yield. Znanie, 1985. – 64–87 с.
2. Artyushin A.M., Derzhavin L.M. Brief reference book on fertilizers // Kolos, 1984. – 208 с.
3. Afendulov K.P., Lantukhova A.I. Fertilizers for the planned harvest // Kolos, 1973. – 240 с.
4. Bodrova E.M., Ozolina Z.D. Joint application of organic and mineral fertilizers. Rosselkhozizdat, 1965. – 143 с.
5. Varyushkina N.M. Losses of nutrients from soils and fertilizers. VNIITEISKH, 1980. – 35 с.
6. Viryasov G.P., Shurygina R.P. Problems of the use of sapropels in the national economy: Proc. of the Third Republican Scientific Conf. – Minsk, 1981. – С. 102–104.
7. Evdokimova G.A., Buday T.K. Types of sapropelic raw materials of Russia for fertilizer production // Torf. prompt. – 1987.

Научная статья  
УДК 631.812.12

## **ВИДЫ ВЕРМИКОМПОСТА, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ТЕПЛИЧНЫХ ХОЗЯЙСТВАХ**

*С.А. Макаров, А.В. Данилин, А.С. Паницков, А.С. Берёзкин, И.В. Шишкин*

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

**Аннотация:** на основе анализа литературных источников в статье представлены виды вермикомпоста, применяемые в тепличных хозяйствах.

**Ключевые слова:** вермикомпост, органическое удобрение, биостимулятор роста, гранулы.

Original article

## **TYPES OF VERMICOMPOST USED IN GREENHOUSES**

*S.A. Makarov, A.V. Danilin, A.S. Panitskov, A.S. Berezkin, I.V. Shishkin*

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

**Abstract:** based on the analysis of literary sources, the article presents the types of vermicompost used in greenhouses.

**Keywords:** vermicompost, organic fertilizer, biostimulator of growth, granules.

Вермикомпост – это высококачественное удобрение биологического происхождения, полученное путём переработки органических отходов с помощью вермикультуры [1]. Оно представляет собой сыпучее зернистое органическое удобрение черно-коричневого цвета, состоящее из копролитов червя. В дальнейшем его вносят в грунт в чистом виде, либо в составе комплексных смесей. Доля компоста в готовом тепличном грунте варьируется от 40 до 75 % в зависимости от выращиваемой культуры [2]. Однако, его применение в исходном состоянии не всегда возможно, поэтому существуют технологии для получения жидкого и гранулированного удобрений.

Существует несколько способов получения жидкого органического удобрения, называемого биостимулятором роста. При замачивании из просеянного вермикомпоста и воды готовят смесь, содержащую 25 % сухого вещества. После смачивания в течении нескольких часов перемешанную и однородную смесь пропускают через высокооборотистую центрифугу. Смесь разделяется на тёмную мутную жидкость и твёрдую фазу, содержащую 65–80 % сухого вещества [3]. После отстаивания жидкости и отделение осадка получается жидкое удобрение. Данный способ позволяет получить жидкость, содержащую водорастворимые вещества (питательные микро-и макроэлементы, и некоторые физиологически активные вещества. Недостатком данного способа является низкая концентрация физиологически активных веществ, так-как они являются труднорастворимыми и остаются в осадке.

Известен способ получения жидкого биостимулятора роста и развития растений из гумусосодержащих веществ путем щелочной экстракции с последующей нейтрализацией вытяжки. Вермикомпост замачивают в воде с последующим отделением водной вытяжки, содержащей водорастворимые соединения и почвенные микроорганизмы, от водонерастворимой гумусосодержащей фракции. Далее остаток подвергают щелочной экстракции при температуре 20–50 °С. Щелочной экстракт после нейтрализации азотной кислотой объединяют с бактериальной суспензией (водной вытяжкой) для получения конечного целевого продукта. [4] Недостатками данного способа получения жидкого биостимулятора роста растений являются:

- низкое содержание гуматов и фульватов (суммарно около 0,25 % на сухой вес) в конечном целевом продукте;
- недостаточное количество биомассы полезных почвенных микроорганизмов;
- применение щелочи и дополнительные расходы энергии и материалов на ее нейтрализацию [5].

После получения жидкой фазы её либо концентрируют, либо загущают и используют в виде паст и суспензий. Водный раствор применяют как при корневой, так и внекорневой подкормке, а также вымачивании семян.

Другим направлением переработки готового вермикомпоста является гранулирование – физико-механическое воздействие, обеспечивающее получение частиц заданной формы, размеров и прочности и сопровождающихся уплотнением структуры вещества. Существуют несколько основных способа получения гранул из вермикомпоста: гранулирование окатыванием и прессование.

Гранулирование методом окатывания состоит в предварительном образовании агрегатов из равномерно смоченных частиц или в наслаивании сухих частиц на смоченные ядра – центры гранулообразования. Этот процесс обусловлен действием капиллярно-адсорбционных сил сцепления между частицами и последующим уплотнением структуры, вызванным силами взаимодействия между частицами в плотном динамическом слое, например, в грануляторах барабанного или тарельчатого типов [6]. Данным способом осуществляют предпосевную обработку семян, нанося на них композиционный состав, состоящий из 0,5–5 % полимерных водосорбентов, до 2 % неорганических компонентов и до 95 % органических компонентов (компост, торф) [7].

Для прессования используют шнековые и роторные пресс-экструдеры. В шнековых прессах материал, поступая через приёмную горловину, непрерывно перемещается шнеком вдоль прессовальной камеры и продавливается через

отверстия матрицы. В роторных экструдерах материал, попадая в зону прессования, протирается лопастями или валиками через цилиндрическую матрицу. Форма и размер гранул в обоих способах регулируется размером отверстий матрицы. Для повышения прочностных характеристик гранул в состав субстрата вводят связующие вещества (крахмал, гипс, карбонат кальция)

Вермикомпост в гранулах надолго остаётся в почве и не вымывается дождём и поливом. Так же он не требует специальных условий для транспортировки, обладает длительным сроком хранения без потери своих свойств и его можно вносить в почву с помощью механизированных средств. Недостатком является пригодность только для корневой подкормки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ существующих технических средств и способов производства вермикомпоста / Е. Е. Демин, С. А. Макаров, А. В. Данилин [и др.] // 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: ООО «Амирит», 2022. – С. 255–265. – EDN GOESDG.

2. ГОСТ Р 53380-2009 Грунты тепличные Технические условия : дата введения 2009-08-20. – Москва : Стандартиформ, 2009. – 15 с.

3. Городний Н.М. Биоконверсия органических отходов в биодинамическом хозяйстве / Н.М. Городний, И.А. Мельник, М.Ф. Похван. – Киев : Урожай, 1990. – 256 с.

4. Патент № 2112763С1 Российская Федерация МПК С05F3/00 С05F11/02. Способ получения жидкого биостимулятора роста и развития растений из гумусосодержащих веществ : № 96119728/13 : заявл. 01.10.1996 : опубл. 10.06.1998 / И.Н. Титов, Т.И. Шишова, А.А. Денисов, В.И. Феоктистов, И.И. Дамиров – 12 с.

5. Патент № 2253641 Российская Федерация С 05 F 3/00, 11/02. Способ получения биостимулятора роста и развития растений из гумусосодержащих веществ : № 2002134987/12 : заявл. 25.12.2002 : опубл. 10.06.2005 / И.Н. Титов – 10 с.

6. Тимонин А.С. Инженерно-экологический справочник / А.С. Тимонин. – Калуга : Издательство Н. Бочкаревой, 2003. – 1024 с. – ISBN 5-89552-077-4.

7. Патент № 2246194 Российская Федерация А 01 С 1/00. Способ предпосевной обработки семян : № 2004104608/12 : заявл. 18.02.2004 : опубл. 20.02.2005 / Лужков Ю.М., Быков В.А., Винаров А.Ю., Джафаров Ш.А., Ипатова Т.В. – 10 с.

## REFERENCES

1. Analysis of existing technical means and methods of vermicompost production / E. E. Demin, S. A. Makarov, A.V. Danilin [et al.] // Problems of efficiency and operation of automotive equipment: materials of the XXXV International Scientific and Technical Conference named after V.V. Mikhailov, Saratov, May 18-19, 2022. Volume Issue 35. – Saratov: Amirit LLC, 2022. – pp. 255-265. – EDN GOESDG.
2. GOST R 53380-2009 Greenhouse soils Specifications : date of introduction 2009-08-20. – Moscow : Standartinform, 2009. – 15 p.
3. Gorodny N.M. Bioconversion of organic waste in biodynamic farming / N.M. Gorodny, I.A. Melnik, M.F. Pohvan. – Kiev : Harvest, 1990. – 256 p.
4. Patent No. 2112763C1 Russian Federation IPC C05F3/00 C05F11/02. Method for obtaining a liquid biostimulator of plant growth and development from humus-containing substances : No. 96119728/13 : application 01.10.1996 : publ. 10.06.1998 / I.N. Titov, T.I. Shishova, A.A. Denisov, V.I. Feoktistov, I.I. Damirov – 12 p.
5. Patent No. 2253641 Russian Federation From 05 F 3/00, 11/02. A method for obtaining a biostimulator of plant growth and development from humus-containing substances : No. 2002134987/12 : application 25.12.2002 : publ. 10.06.2005 / I.N. Titov – 10 p.
6. Timonin A.S. Engineering and environmental handbook / A.S. Timonin. Kaluga : N. Bochkareva Publishing House, 2003 – 1024 p. ISBN 5-89552-077-4.
7. Patent No. 2246194 Russian Federation A 01 C 1/00. Method of pre-sowing seed treatment : No. 2004104608/12 : application. 02/18/2004 : publ. 02/20/2005 / Luzhkov Yu.M., Bykov V.A., Vinarov A.Yu., Jafarov Sh.A., Ipatova T.V. – 10 p.

Научная статья

УДК 631.36

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШНЕКОВЫХ ПРЕСС-ЭКСТРУДЕРОВ В КОРМОПРОИЗВОДСТВЕ**

*С.А. Макаров, А.В. Данилин, А.С. Паницков, С.Ю. Степанов, Е.А. Миронова*

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

**Аннотация:** в статье представлен анализ существующего оборудования для производства экструдированных кормовых продуктов, описан процесс экструдирования, составлена классификация экструдеров.

**Ключевые слова:** экструдирование, пресс-экструдер, влажность, шнек.

Original article

## **USE OF SCREW PRESS EXTRUDERS IN FEED PRODUCTION**

*S.A. Makarov, A.V. Danilin, A.S. Panitskov, S.Yu. Stepanov, E.A. Mironova*

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

**Abstract:** the article presents an analysis of existing equipment for the production of extruded feed products, describes the extrusion process, and compiles a classification of extruders.

**Keywords:** extrusion, press extruder, humidity, screw.

Продуктивность сельскохозяйственных животных находится в основной зависимости от состояния в хозяйстве кормовой базы, а именно от способности обеспечить животных кормами с учетом их возраста и продуктивности. Являясь основным источником продуктивности животных, корма играют важную, решающую роль и в значительной степени характеризуют эффективность производственной отрасли, так как более 50% затрат ложится именно на кормление.

Переработка кормового продукта в животноводческую продукцию является одним из основных процессов сельскохозяйственного производства. Эффективность данного процесса определяется, прежде всего, на основе соответствия потребностям животных по содержанию питательных веществ и по своим физико-механическим свойствам, от этого повысится эффективность сельскохозяйственного производства. В основу организации рационального кормления животных, входит сбалансированность кормов по питательным

веществам и микроэлементам, и другим веществам, которые способствуют укреплению состояния здоровья животных и повышению качества конечной продукции [1].

Важным условием повышения производительности труда и снижения себестоимости животноводческой продукции, является механизированное производство кормов на основе рациональной технологии в сочетании с передовыми способами содержания сельскохозяйственных животных. Механизированное производство кормов в значительной мере расширяет их ассортимент для различных видов скота. Применение оборудования для переработки растительного материала и скармливание его сельскохозяйственным животным и птице, позволяет широко использовать растительные материалы, особенно при их откорме.

Одним из перспективных методов подготовки кормов к скармливанию является экструзия. В процессе экструзионной обработки на перерабатываемый материал оказывается одновременное воздействие давлением и температурой, в результате чего изменяется структура клетчатки корма, происходит декстринизация крахмала до глюкозы, стерилизация корма, инактивация ингибиторов пищеварительного тракта, улучшаются вкусовые качества.

Современная тенденция развития экструзионных технологий заключается в обеспечении максимального снижения энергоемкости процессов экструзии при одновременном улучшении качества экструдата.

Стремление повысить качество экструдированных кормовых продуктов является актуальным вопросом. Получаемые в результате экструзионной переработки продукты сложны по химическому составу и обладают комплексом различных свойств, которые составляют в совокупности качество продукции и должны быть учтены при расчете процессов и машин и их совершенствовании.

Экструдирование (экструзия) – это технология получения продуктов (экструдатов) путем образования из исходного сырья под действием высокой температуры и давления вязкого расплава и его последующего продавливания шнеком через формующее отверстие.

Практически любое сырье, которое под действием температуры и давления возможно превратить в достаточно пластичную массу, может подвергаться экструдированию. Таким образом, значительная часть растительного сырья, используемого в пищевой и комбикормовой промышленности, может быть экструдирована. Установлено, что растительные материалы в процессе экструзии можно рассматривать как полимеры биологического происхождения (биополимеры).

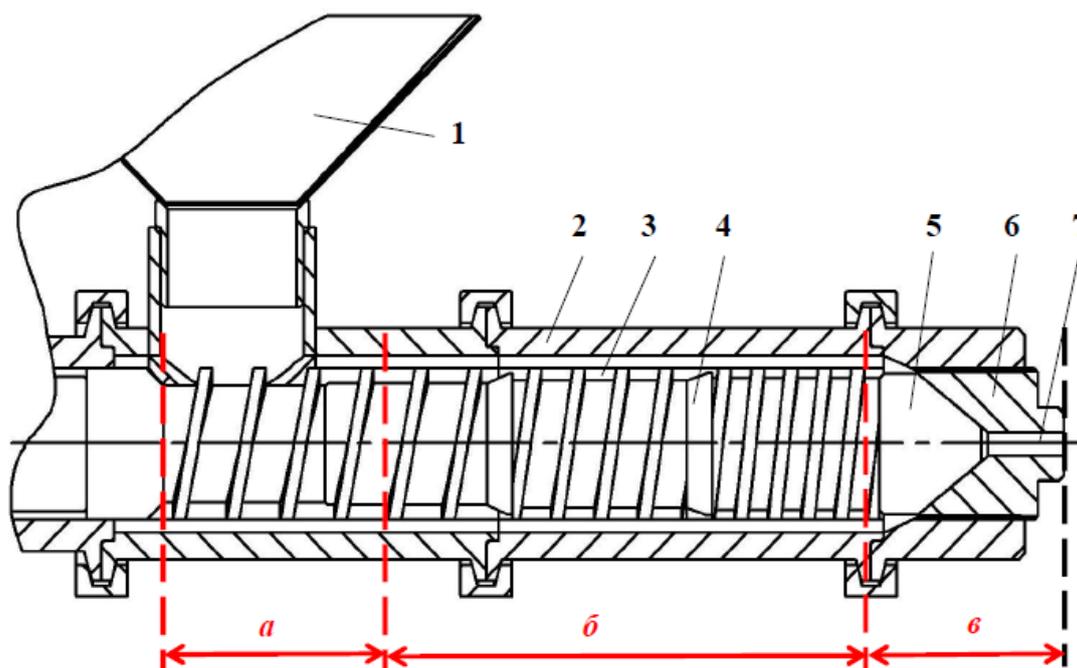


Рисунок 1. Упрощенная схема шнекового экструдера и его рабочие зоны: *a* – зона смешивания (питания); *б* – зона уплотнения и плавления материала (пластификации); *в* – зона дозирования (структурообразования); 1 – загрузочная воронка; 2 – цилиндрический корпус; 3 – рабочая камера; 4 – шнек; 5 – предматричная зона; 6 – матрица (головка); 7 – фильера

Для экструдирования сырья применяют шнековую прессующую машину – экструдер (рис. 1). Он состоит из привода, загрузочной воронки для сырья и цилиндрического корпуса (материального цилиндра), внутри которого в рабочей (экструзионной) камере располагается шнековый рабочий орган. В торце корпуса располагается головка (матрица) с фильерой – формующим отверстием.

Экструдруемый растительный материал (обычно в сыпучем состоянии) через горловину загрузочной воронки поступает в рабочую (экструзионную) камеру и захватывается витками шнека. Частицы материала перемещаются в осевом направлении по винтовому каналу шнека, дополнительно перемешиваясь и измельчаясь. Эта зона рабочей камеры экструдера называется зона смешивания или зона питания (зона *a* на рис. 1). Длина зоны питания (смешивания) составляет  $(2...10)D$ . Расход материала в этой зоне зависит от диаметра шнека, глубины его нарезки и шага резьбы, повышаясь при их увеличении.

В ходе перемещения под действием давления (2–5 МПа), создаваемого шнеком, постепенно увеличивается давление биополимерного материала, а под действием трения материала о витки шнека – его температура, в результате чего начинается процесс плавления (зона уплотнения и плавления материала). Эта зона рабочей камеры экструдера называется зона уплотнения и плавления материала или зона пластификации (зона *б* на рис. 1). В результате плавления материал превращается в вязкопластичную массу. Температура растительного материала в зоне плавления достигает 40–60 °С.

В зоне дозирования или структурообразования (зона *в* на рис. 1) расплавленный материал гомогенизируется. Температура материала в зоне дозирования достигает 120–150 °С. В конце этой зоны расплав представляет собой полностью гомогенную (однородную) массу. Расплав материала из предматричной камеры под давлением продавливается сквозь фильеру матрицы. При его выходе из матрицы под действием резкого изменения давления (от 15–25 МПа до атмосферного) происходит почти мгновенное испарение как свободной, так и части связанной влаги, и изменение физической структуры растительного материала, в частности резкое увеличение его объема и пористости, что приводит к окончательному формированию экструдата.

Схема шнекового экструдера приведена на рисунке 2. Увеличение температуры материала условно представлено графически как изменение его цвета от желтого до красного.

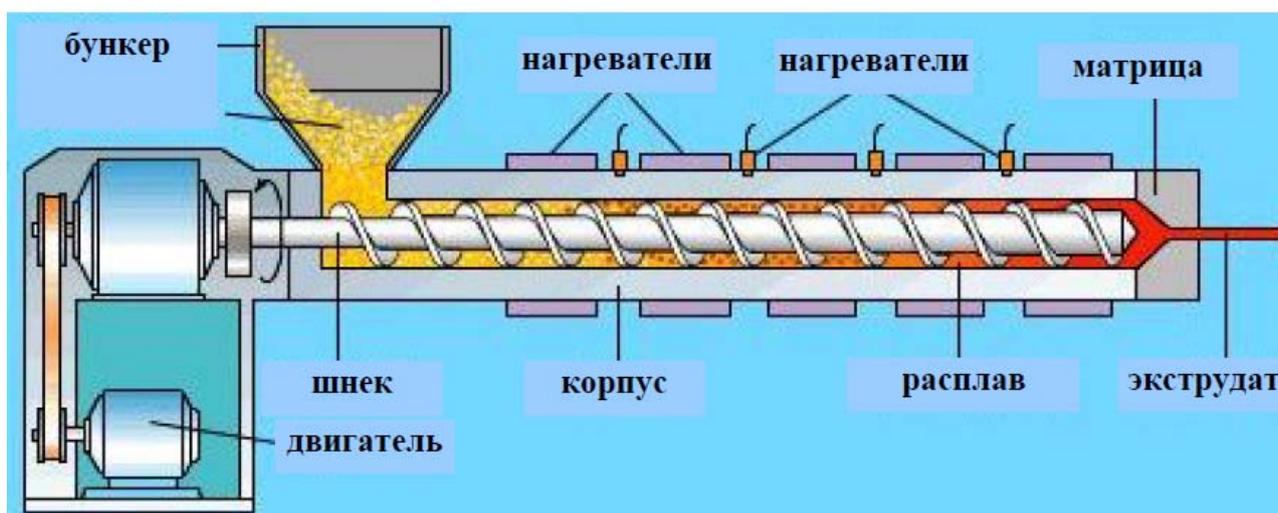


Рисунок 2. Конструкция шнекового пресс-экструдера

Экструзионная обработка является кратковременной: обрабатываемый материал находится в экструдере от 30 до 90 с. Под действием высокой температуры и давления почти полностью уничтожаются содержащиеся в исходном сырье патогенная микрофлора и плесневые грибы.

Существуют три основных вида экструдирования: холодное, теплое и горячее.

Холодному экструдированию может быть подвергнуто лишь растительное сырье с высокой влажностью (30–60 %). В его ходе происходит изменение структуры материала при его медленном перемещении под давлением и формовании через фильеру. В ходе процесса подвод тепла в экструдер отсутствует.

При тепле экструдировании сухое сырье увлажняют водой до влажности 20–30% и подогревают. В экструдере смесь подвергается механическому и тепловому воздействию. Готовый экструдат обладает невысоким уровнем плотности, имеет ячеистое строение.

При горячем экструдировании процесс осуществляется быстротечно, что вызывает резкий рост давления и переход механической энергии в тепловую. Влажность сырья составляет 10–20 %. Тепло дополнительно поступает к экструдированному материалу через нагревательные элементы, а также через наружные стенки корпуса экструдера.

Изменяя параметры процесса экструдирования сырья, возможно широко варьировать свойства получаемого готового продукта. Благодаря этому экструзионные технологии обработки растительного сырья находят все более широкое применение.

В настоящее время экструдеры широко применяются в производстве кормов и кормовых добавок, в частности для обработки зернового сырья (пшеница, ячмень, кукуруза, горох, рожь, бобы, соя и т.д.). Широкое распространение обработки материалов растительного происхождения методом экструзии можно объяснить тем, что экструдеры могут совмещать в себе ряд операций, выполняя их быстро и непрерывно (составлять композиции из нескольких компонентов, перемешивать, сжимать, нагревать, варить, стерилизовать, формовать практически одновременно) [2].

По конструкции пресс-экструдеры можно разделить на типы, отличающиеся по: режимам работы, способам экструдирования, количеству рабочих органов, параметрам основного рабочего органа, форме выходного сечения, виду получаемого продукта. Классификация пресс-экструдеров представлена на рисунке 3.

Вместе с тем, для всех вышеперечисленных пресс-экструдеров общими являются такие характерные признаки, как:

1. Наличие корпуса с загрузочным устройством и формующим инструментом, а также одного или нескольких рабочих органов.

2. Происходящие в пресс-экструдере процессы: смешивание, перемещение перерабатываемого материала вдоль канала шнека, разогрев за счет трения перерабатываемого материала о рабочие органы или внешнего подвода тепла, пластификация или расплавление, гомогенизация и формование готового продукта.

3. Возможность перерабатывать на пресс-экструдере сырье, весьма различающееся по реологическим и физико-механическим свойствам.

По режиму работы шнековые пресс-экструдеры делят на две группы, отличающиеся термодинамическими особенностями [3]: автогенные и политропные.

Автогенные – тепловая энергия, которая необходима для протекания процесса экструдирования, при таком режиме образуется только за счет сил трения.

Политропные – для разогрева до необходимой температуры и возможности её регулирования применяют дополнительный внешний подвод тепла, что позволяет быстро выйти на рабочий режим и стабилизировать его.

При экструзионной обработке зернового сырья для получения экструдированных кормовых продуктов рекомендуется применять автогенные режимы [4].

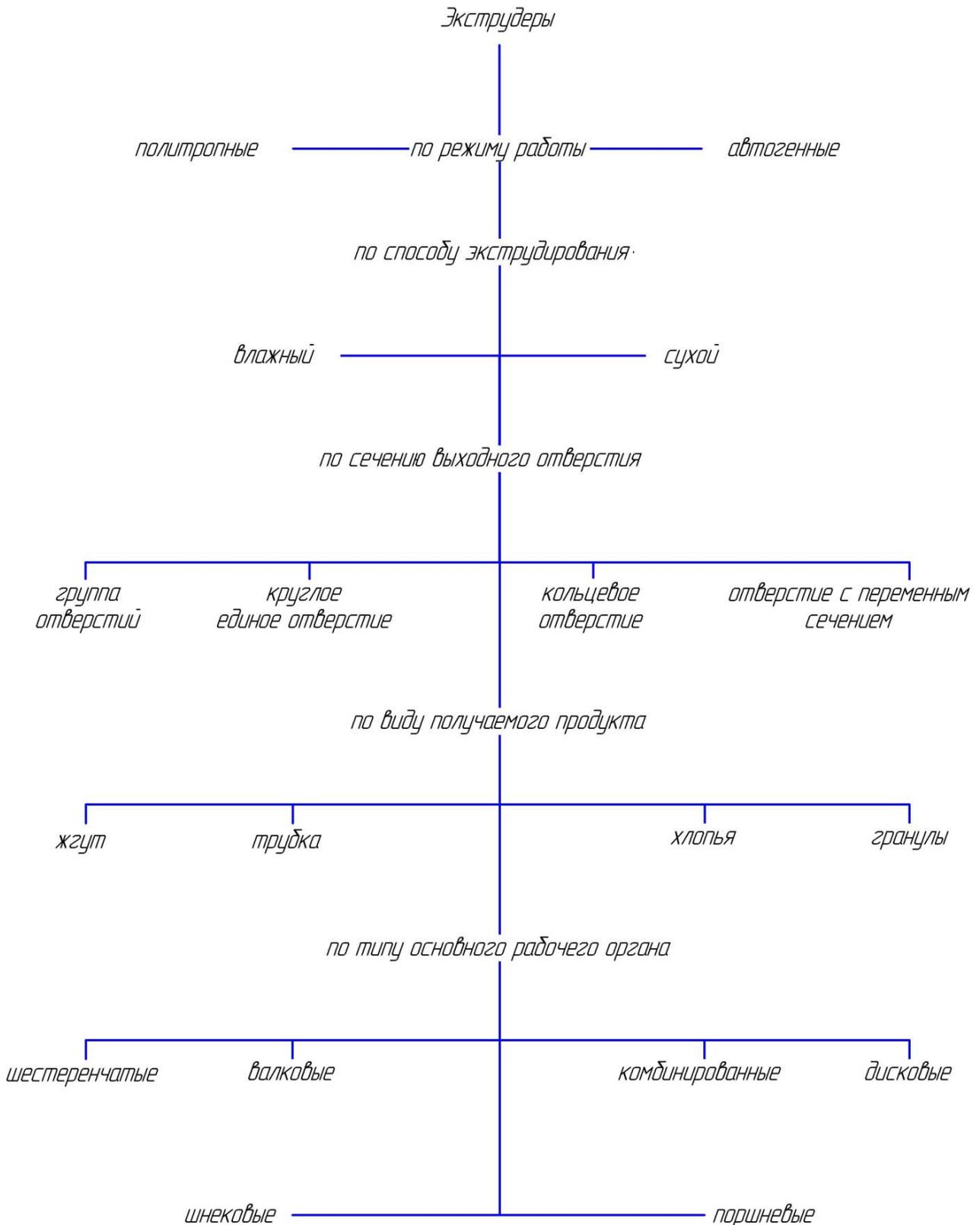


Рисунок 3. Классификация экструдеров

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технологии и оборудование для экструдирования растительного сырья: учеб. пособие / В.И. Пахомов, Д.В. Рудой, Т.И. Тупольских, А.Н. Соловьев, С.В. Брагинец, О.Н. Бахчевников ; Донской гос. техн. ун-т. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2018. – 108 с.

2. Повышение эффективности процесса производств экструдированных кормовых продуктов за счет изменения конструктивных параметров шнека пресс-экструдера: монография / Д.В. Мартынова, В.П. Попов, В.П. Ханин, Г.Б. Зинюхин, С.В. Антимонов, Г.А. Сидоренко. – Оренбург: ИПК Университет, 2018. – 208 с.

3. Денисов С.В. Повышение эффективности приготовления кормосмеси на основе стебельчатого корма и обоснование параметров пресс-экструдера: дис. ...канд. техн. наук: 05.20.01 / Денисов Сергей Владимирович. – Самара, 2006. – 142 с.

4. Полищук В.Ю. Проектирование экструдеров для отраслей АПК / В.Ю. Полищук, В.Г. Коротков, Т.М. Зубкова. – Екатеринбург: УрО РАН, 2003. – 202 с.

## REFERENCES

1. Technologies and equipment for extrusion of plant materials: textbook / V.I. Pakhomov, D.V. Rudoy, T.I. Tupolskikh, A.N. Soloviev, S.V. Braginetz, O.N. Bakhchevnikov; Don State Tech. University. – Rostov-on-Don: DSTU, 2018. – 108 p.

2. Increasing the efficiency of the production process of extruded feed products by changing the design parameters of the screw press extruder: monograph / D.V. Martynova, V.P. Popov, V.P. Khanin, G.B. Zinyukhin, S.V. Antimonov, G.A. Sidorenko. – Orenburg: IPK University, 2018. – 208 p.

3. Denisov S.V. Increasing the efficiency of preparing a feed mixture based on stalk feed and substantiating the parameters of a press-extruder: dis. ... Cand. of Engineering Sciences: 05.20.01 / Denisov Sergey Vladimirovich. – Samara, 2006. – 142 p.

4. Polischuk V.Yu. Design of extruders for the agro-industrial complex / V.Yu. Polischuk, V.G. Korotkov, T.M. Zubkova. – Ekaterinburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2003. – 202 p.

Научная статья

УДК 631. 331

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА АГРОХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА НА ТРАНСПОРТНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЕ**  
(на примере агрегата «Туман» ООО «Пегас-Агро», г. Самара, Россия)

***В.А. Милюткин***

Самарский государственный аграрный университет,  
г. Самара, Россия

**Аннотация:** в статье представлены анализ и исследования Самарским ГАУ инновационного, многофункционального, агрохимического комплекса «Туман» российской разработки и производства самарской фирмы ООО «Пегас-Агро», который по своим функциональным и технико-эксплуатационным показателям не уступает, а даже превосходит многие зарубежные аналогичные технические агрегаты, что особенно важно для России в нынешней санкционной ситуации и проводимой политикой «импортозамещения».

**Ключевые слова:** сельхозпродукция, производство, агрохимия, комплексы, инновационность, импортозамещение.

Original article

**TECHNOLOGICAL ADVANTAGES OF THE AGROCHEMICAL COMPLEX ON THE TRANSPORT AND ENERGY PLATFORM**  
(on the example of the unit «Fog...» LLC «Pegas-Agro», Samara, Russia)

***V.A. Milyutkin***

Samara State Agrarian University, Samara, Russia

**Abstract:** the article presents the analysis and research of the Samara State Agrarian University of innovative multifunctional agrochemical complex «Tuman» of Russian design and production of the Samara company LLC «Pegas-Agro», which in its functional and technical and operational indicators is not inferior, and even surpasses many foreign similar technical units, which is especially important for Russia in the current sanctions the situation and the policy of «import substitution».

**Keywords:** agricultural products, production, agrochemistry, complexes, innovation, import substitution.

Успешное реформирование агропромышленного комплекса-АПК России показывает рекордные результаты по производимой продукции, в нашем случае растениеводческой. Или, достигнутое в сельском хозяйстве сбалансированное соотношение всех составляющих после неэффективных реформ «перестройки», обеспечило как собственную продовольственную безопасность страны, так и значительный экспортный вклад в Мире. Однако, начатая недружественными странами санкционная политика, тормозящая поступательный процесс АПК, требует от РФ экстренных мер [1–9] и в первую очередь эффективного и

быстрого импортозамещения по проблемным направлениям с доминированием в них западных технологических и технических составляющих. И многие проблемы сегодня нашими руководством страны, фирмами, учеными решаются, многие – решены. В частности, для обеспечения интенсивного полеводства (земледелия) соответствующей агрохимией: удобрения, средства защиты, стимуляторы роста необходимы разнообразные технологические агрегаты [2-8]: опрыскиватели штанговые и вентиляторные, разбрасыватели удобрений, мульти-инжекторы и т.д., многие из которых в неограниченном количестве поставлялись российскому АПК зарубежными фирмами по экспорту, многие из этих машин, а также гибриды сельхозкультур, хим. препараты, производили в России на совместных предприятиях из зарубежных основных составляющих с перспективой в дальнейшем на глубокую локализацию. В настоящее время в РФ возникшая проблема решается и будет решена программой импортозамещения. Примером, этого, в частности является разработанный и производимый на собственном предприятии инновационный самоходный, многофункциональный, комплекс «Туман» [5–7] для практически всех агрохимических работ в полеводстве на единой транспортно-энергетической платформе (рис. 1) [5]. Прогрессивное построение комплекса состоит в возможности его быстрой переналадке – в течении 5 часов соответствующим модулем на необходимую технологию. Агрохимия-процесс многооперационный, включающий внесение удобрений и химическую защиту посевов от сорняков, вредителей и болезней, при чем проведение операций в большинстве случаев краткосрочное, что длительно и эффективно не может загрузить одно-операционный технологический агрегат так как комплекс «Туман».

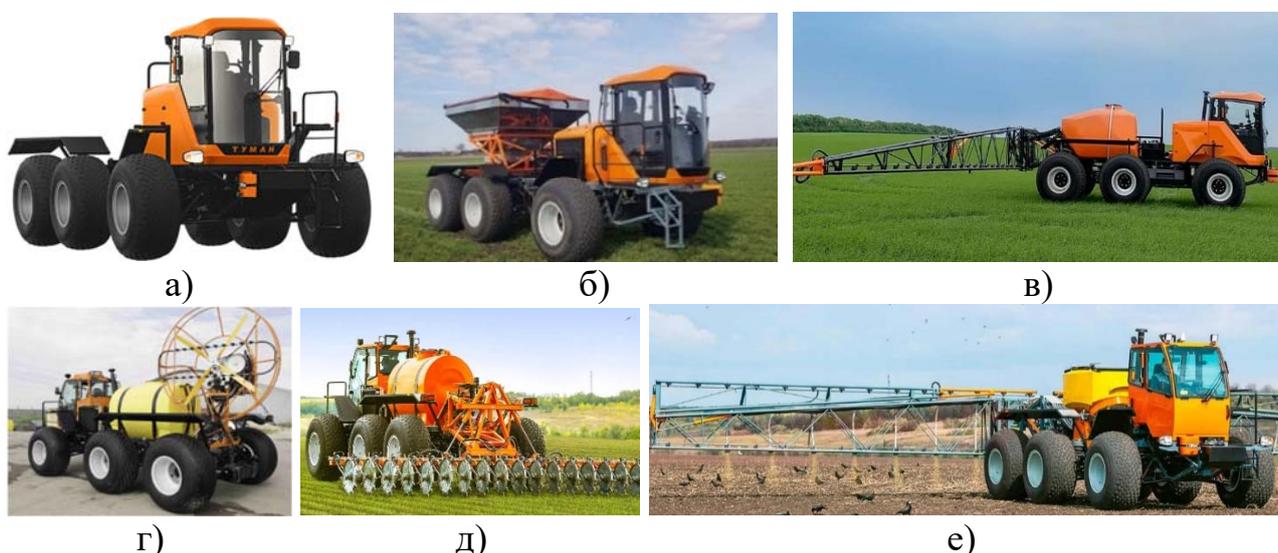


Рисунок 1. Самоходный, многофункциональный, агрохимических комплекс «Туман...»: а) – единая транспортно-энергетическая платформа; б) – разбрасыватель минеральных удобрений, в) – опрыскиватель штанговый, г) – опрыскиватель вентиляторный, д) – мульти-инжектор, е) – посевной модуль

Разбрасыватель удобрений (рис. 1, б) предназначен для поверхностного несения гранулированных минеральных удобрений. Штанговый опрыскиватель

(рис. 1, в) предназначен для: опрыскивания пестицидами полевых культур, в том числе – по интенсивной технологии; внесения жидких комплексных удобрений и других удобрений путем их поверхностного распыления. Вентиляторный опрыскиватель (рис. 1, г) предназначен для химической обработки полей, садов, промышленных складов, зернохранилищ и других территорий аэрозольным методом. Отлично подходит для краевых обработок полей при химзащите растений инсектицидами и фунгицидами. Мульти-инжектор предназначен для внутрпочвенного внесения жидких удобрений КАС, ЖКУ, приготовленных растворов. Посевной модуль (рис. 1, е), предназначен для мелкосемянных трав поверхностным рассевом. Все технологические модули в зависимости от вида работ устанавливаются на единую транспортно-энергетическую платформу (рис. 1, а) в трехосном (3 моста) исполнении с передним управляемым, средним – ведущим неуправляемым и задним – ведущим управляемым мостами. Агрегаты оборудуются двумя типами колес – широкопрофильными низкого давления для обработки озимых культур на ранних стадиях их развития и узкими-для работы на пропашных культурах (подсолнечник, кукуруза). Такая конструкция агрегата с широкопрофильными шинами обеспечивает низкое давление на почву ( $0,25 \text{ кг/см}^2$ ) и его высокую проходимость особенно в ранневесенний период по влажной почве. Установка узких колес обеспечивает эффективную работу агрегатов при широкорядном посеве подсолнечника, кукурузы и др. как с традиционными агрегатами, так и инновационными – мульти-инжектором [5].

Самарский ГАУ в засушливом – 2021 и влажном – 2022 годах на опытных полях университета провел сравнительную оценку инновационных удобрений ПАО «КуйбышевАзот» при весенней подкормке озимой, мягкой пшеницы сорта «Базис» с внесением жидких удобрений – КАС+S (N-26; S до 4%) опрыскивателем и мульти-инжектором, а твердых – сульфат-нитрат аммония N:S (26 %: 13 %) и карбамид+S (N – 32 %, S – 8 %) в сравнении с аммиачной селитрой (N – 34 %) разбрасывателем комплекса «Туман» с нормой, при весенней подкормке по азоту в д.в. – 90 кг/га. При одинаковых нормах внесения удобрений по азоту – N в д.в., урожайность озимой пшеницы в 2022 году была значительно выше: 51,7–62,5 ц/га чем в 2021 году 39,9–48,4 ц/га – почти на 30 %, особенно по жидким удобрениям – КАС+S, по сравнению с твердыми – аммиачная селитра (табл. 1). Значительно отличалась урожайность пшеницы и от технологий внесения жидких удобрений. Так в засушливый 2021 год урожайность пшеницы при поверхностной подкормке опрыскивателем составила 48,4 ц/га, а – мульти инжектором 56,1 ц/га или разница составила 16 % в пользу мульти-инжектора, а во влажный 2022 год урожайность пшеницы при поверхностной подкормке опрыскивателем составила 61,7 ц/га, а – мульти инжектором 62,5 ц/га или – без существенной разницы, то есть при высокой влажности внекорневая подкормка пшеницы опрыскивателем практически равноценна инъекционной – мульти-инжектором, так как удобрения быстро с поверхности проходят в корневую зону растений (табл. 1). Однако при преобладании засушливых погодных условий в зоне Поволжья с «рискованным» земледелием технология инъекционного внесения жидких удобрений мульти-инжектором по сравнению с твердыми удобрениями [1–7] имеет значительное преимущество.

Таблица 1 – Эффективность инновационных жидких удобрений КАС+S

Показатели	Технология внесения удобрений – КАС+S-сельхозмашина		
	Опрыскиватель	Мульти- инжектор	Контроль (аммиачная селитра)
Норма внесения, л/га, кг/га	200, 268	200, 268	150
Урожай, ц/га – 2021 г.	48,4	56,1	39,9
Урожай, ц/га – 2022 г.	61,7	62,5	51,7
Урожай, ц/га-средний: 2021–2022 гг.	55,05	59,3	45,8
Стоимость зерна, тыс. руб./га	55,05	59,3	45,8
Стоимость удобрений, тыс. руб./га	4,224	4,224	2,910
Стоимость работ, руб./га	300	600	300
Доход, тыс. руб./га (% от контроля; % мульти- инжектор в сравнении с опрыскивателем)	50,526 (19 %)	54,476 (+28 %; 8 %)	42,59

Расчеты эффективности инновационных технологий показали (табл. 1), что доход от производства озимой пшеницы – составил 54,476 руб./га при внесении жидких удобрений КАС+S мульти-инжектором, или на 28 % больше по сравнению с традиционной технологией подкормки аммиачной селитрой, при подкормке пшеницы жидкими удобрениями опрыскивателем в сравнении с твердыми удобрениями урожайность в опытах возросла на 19 %. Таким образом подкормка озимой пшеницы жидкими удобрениями КАС+S мульти-инжектором «Туман» наиболее эффективна по сравнению с подкормкой опрыскивателем «Туман», при этом жидкие удобрения КАС+S более эффективны по сравнению с твердыми-аммиачная селитра, особенно при недостатке атмосферных осадков в период вегетации и проведения подкормок.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Милюткин В.А., Зыкин Е.С. Эффективное технико-технологическое агрохимическое обеспечение производства сельскохозяйственной продукции // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: сб. науч. тр. Ульяновск: Ульяновской государственной аграрный университет. 2023. С. 571–579.
2. Милюткин В.А., Иванов В.А., Попов А.В. Перспективные инновационные техника и технологии для внесения жидких азотных минеральных удобрений КАС // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 1. С. 38–47.

3. Милюткин В.А., Сысоев В.Н., Макушин А.Н. и др. Комплексное обеспечение инновационных технологий производства сельскохозяйственных культур с применением жидких азотных удобрений КАС // Вестник ИрГСХА. 2022. № 108 С. 19–31.

4. Милюткин В.А., Толпекин С.А., Длужевский Н.Г., Длужевский О.Н. Жидкие азотные и азотосеросодержащие удобрения на базе КАС-эффективная альтернатива твердым минеральным удобрениям // Проблемы современной аграрной науки: сб. науч. тр. Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет. 2020. С. 71–74.

5. Милюткин В.А. Региональное предприятия ООО «Пегас-Агро» по производству инновационной техники «Туман» (г. Самара) для агрохимических работ в земледелии АПК России // Современные тенденции технологического развития АПК: сб. науч. тр. Улан-Удэ: Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова, 2023. С. 11–15.

6. Милюткин В.А., Длужевский Н.Г., Цирулев А.П. и др. Исследование эффективности инновационной технологии внесения жидких удобрений КАС внутрпочвенно и поверхностно агрегатами «Пегас-Агро» // Актуальные вопросы агро-промышленного комплекса России и за рубежом : сб. науч. тр. Молодёжный : Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского. 2021. С. 114–121.

7. Милюткин В.А., Сысоев В.Н., Шахов В.А. и др. Техно-технологическое обеспечение эффективного внесения на пропашных культурах жидких азотных и азотосеросодержащих удобрений на базе КАС-32 // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 5(79). С. 149–152.

8. Способ и устройство для внесения удобрения при культивировании: патент 2376743 Рос. Федерация. № 2007132386/12; заявл. 27.08.2007; опубл. 27.12.2009, Бюл. № 36.

9. Милюткин В.А., Марковский А.А., Науметов Р.В. Использование сидератов в лесостепи Поволжья // Земледелие. 1999. № 6. С. 22–23.

## REFERENCES

1. Milyutkin V.A., Zykin E.S. Effective technical and technological agrochemical support for the production of agricultural products // Agrarian science and education at the modern stage of development: collection. scientific tr. Ulyanovsk: Ulyanovsk State Agrarian University. 2023. pp. 571–579.

2. Milyutkin V.A., Ivanov V.A., Popov A.V. Promising innovative equipment and technologies for the application of liquid nitrogen mineral fertilizers UAN // News of the Samara State Agricultural Academy. 2022. No. 1. P. 38–47.

3. Milyutkin V.A., Sysoev V.N., Makushin A.N. and others. Comprehensive provision of innovative technologies for the production of agricultural crops using liquid nitro-gen fertilizers KAS // Bulletin of IrGSHA. 2022. No. 108. P. 19–31.

4. Milyutkin V.A., Tolpekin S.A., Dluzhevsky N.G., Dluzhevsky O.N. Liquid nit-nogen and nitrogen-sulfur-containing fertilizers based on UAN are an effective alter-native to solid mineral fertilizers // Problems of modern agricultural science: Sat. sci-entific tr. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University. 2020. pp. 71–74.

5. Milyutkin V.A. Regional enterprise LLC «Pegas-Agro» for the production of innovative equipment «Tuman» (Samara) for agrochemical work in agriculture of the agro-industrial complex of Russia // Modern trends in the technological development of the agro-industrial complex: collection. scientific tr. Ulan-Ude: Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippova, 2023. P. 11–15.

6. Milyutkin V.A., Dluzhevsky N.G., Tsirulev A.P. et al. Study of the effectiveness of innovative technology for applying liquid UAS fertilizers intra-soil and surface with Pegas-Agro units // Current issues of agro-industrial complex of Russia and abroad: collection of scientific works. Youth: Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky. 2021. P. 114–121.

7. Milyutkin V.A., Sysoev V.N., Shakhov V.A. et al. Technical and technological support for the effective application of liquid nitrogen and nitrogen-sulfur-containing fertilizers on row crops based on KAS-32 // News of the Orenburg State Agrarian University. 2019. No. 5(79). pp. 149–152.

8. Method and device for applying fertilizer during cultivation: Pat. 2376743 Ross. Federation. No.2007132386/12; appl. 08/27/2007; publ. 12/27/2009, Bulletin. No. 36.

9. Milyutkin V.A., Markovsky A.A., Naumetov R.V. The use of green manure in the forest-steppe of the Volga region // Agriculture. 1999. No. 6. P. 22–23.

Научная статья

УДК: 631.3.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СТРЕЛЫ ФРОНТАЛЬНОГО ПОГРУЗЧИКА

*П.И. Павлов, В.В. Васильчиков*

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

**Аннотация:** представлены результаты экспериментального определения конструктивных параметров фронтальных погрузчиков, влияющих на энергоёмкость конструкции в целом. Приведено сравнение результатов теоретического расчета, численного и натурального экспериментов.

**Ключевые слова:** фронтальный погрузчик, оптимизация геометрических параметров, метод конечных элементов, металлоёмкость стрелы.

Original article

## EXPERIMENTAL STUDY OF THE DESIGN PARAMETERS OF A MODIFIED BOOM OF A FRONT LOADER

*P.I. Pavlov, V.V. Vasilchikov*

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

**Abstract:** the results of experimental determination of the design parameters of front-end loaders affecting the energy consumption of the structure as a whole. The results of theoretical calculation, numerical and field experiments are also compared.

**Keywords:** front loader, optimization of geometric parameters, finite element method, metal consumption of the boom.

### **Введение:**

В современных условиях больше значение приобретает вопрос о повышении эффективности сельскохозяйственного производства в целом и использования машин в сельскохозяйственном производстве, в частности.

Одним из основных направлений развития подъемно-транспортной техники в мире является максимальная унификация конструкции, которая превращает погрузчики в многофункциональные машины для транспортировки и погрузки штучных и сыпучих грузов, в промышленных, сельскохозяйственных, строительных и других областях.

Одной из современных тенденций развития сельского хозяйства является внедрение автоматизации процессов производства, позволяющей существенно повышать эффективность производственного процесса.

Важным этапом создания новой техники и модернизации существующей является ее испытания, включая научные исследования. Роль и значение испытаний возрастают в связи с развитием национального сельскохозяйственного машиностроения.

Для работы с сыпучими грузами используются фронтальные погрузчики, они же используются при грузопереработке тюков, рулонов сена и соломы, некоторые модели могут использоваться как устройства для выгрузки контейнеров.

Фронтальные пневмоколесные погрузчики имеют несколько конструктивных схем рабочего оборудования, как правило, включающее в себя стрелу, ковшовый рабочий орган, гидравлические механизмы подъема стрелы и поворота ковша. Совершенствование идет в направлении улучшения параметров операций рабочего цикла: автоматизация совмещенного способа наполнения ковша; различные варианты энергосберегающего гидропривода рабочего оборудования и т.п. [2].

#### **Методика исследований:**

Экспериментальные исследования проводились на стреле фронтального погрузчика Атлант 850 на базе трактора МТЗ-82.

Для изменения кинематики стрелы на фронтальный погрузчик была установлена специально разработанная усиливавшая накладка [1].

Данная накладка позволяет менять местоположение опорного шарнира силового гидроцилиндра, что позволяет либо увеличивать грузоподъемность погрузчика (за счет уменьшенного плеча), либо увеличить максимально погрузочную высоту.

В соответствии с задачами, поставленными в работе и теоретическими разработками, программа исследований включала серию двухфакторных экспериментов. Двухфакторным экспериментом изучалось влияние на критерий оптимизации кинематических и геометрических параметров: точек крепления силового гидроцилиндра на стреле погрузчика и изменение формы и размеров поперечного сечения стрелы по всей ее длине.

Было установлено, что на усилие на штоке гидроцилиндра подъема стрелы погрузчика в большей степени влияет положение точки крепления силового гидроцилиндра [3].

В ходе теоретических исследований и численного эксперимента был определена форма и размеры усиливающей накладки на стрелу погрузчика (рисунок. 1 поз. 1), решающая две задачи – снижение усилия на штоке силового

гидроцилиндра за счет изменяемой кинематики стрелы, а именно, точек опоры гидроцилиндра и повышения прочности несущей конструкции стрелы погрузчика.

Целью проведения экспериментальных исследований было определение давления в гидросистеме трактора при различных положениях стрелы погрузчика с последующим определением усилий на штоке гидроцилиндра.

Программа экспериментальных исследований была реализована на экспериментальной установке (рис. 1), позволяющей проводить исследования режимных параметров фронтального погрузчика.

Данная экспериментальная установка представляет собой фронтальный погрузчик Атлант 850 на базе пневмоколесного трактора МТЗ-82 (см. рис. 1) и состоит из стрелы погрузчика 2 с установленным на ней усиливающей накладкой 1, тензорезисторами 3, наклеенными на стрелу погрузчика в местах наибольших напряжений, ультразвуковыми датчиками 4, 5 – малогабаритного датчика давления МД-Т ПСЗ, 6 – лазерного построителя плоскостей BOSCH PCL-10, 7 – автоматизированной системы контроля для регистрации в реальном времени режимных параметров.

С помощью лазерного уровня и дальномера, а также, ультразвуковых датчиков, установленных на раме погрузчика, определялись основные геометрические и режимные параметры погрузчика, в том числе определялся угол между стрелой погрузчика и рамой погрузчика, расстояния между точками крепления стрелы и точками опирания силового гидроцилиндра.

Ультразвуковые датчики, установленные на раме погрузчика и подключённые к измерительному комплексу, позволили определить расстояние до бурта и скорость приближения к нему.

С помощью регистрирующей аппаратуры (поз. 6 и 7 рис. 1) снимались показания с малогабаритного датчика давления.

В ходе проведения двухфакторного эксперимента определялись зависимости между расстоянием до точки крепления гидроцилиндра подъема стрелы, углом между стрелой погрузчика и его рамой и усилием на штоке гидроцилиндра.

#### **Результаты исследований:**

На основе полученных экспериментальных данных была построена графическая зависимость, представляющая собой поверхность отклика (рис. 2).

На основании проведенных экспериментальных исследований и полученных результатов можно сделать вывод, что предложенное техническое решение изменения конструктивных стрелы погрузчика совместно с оптимизацией его режимных параметров позволит существенно снизить энергоёмкость фронтального погрузчика.



Рисунок 1. Экспериментальная установка

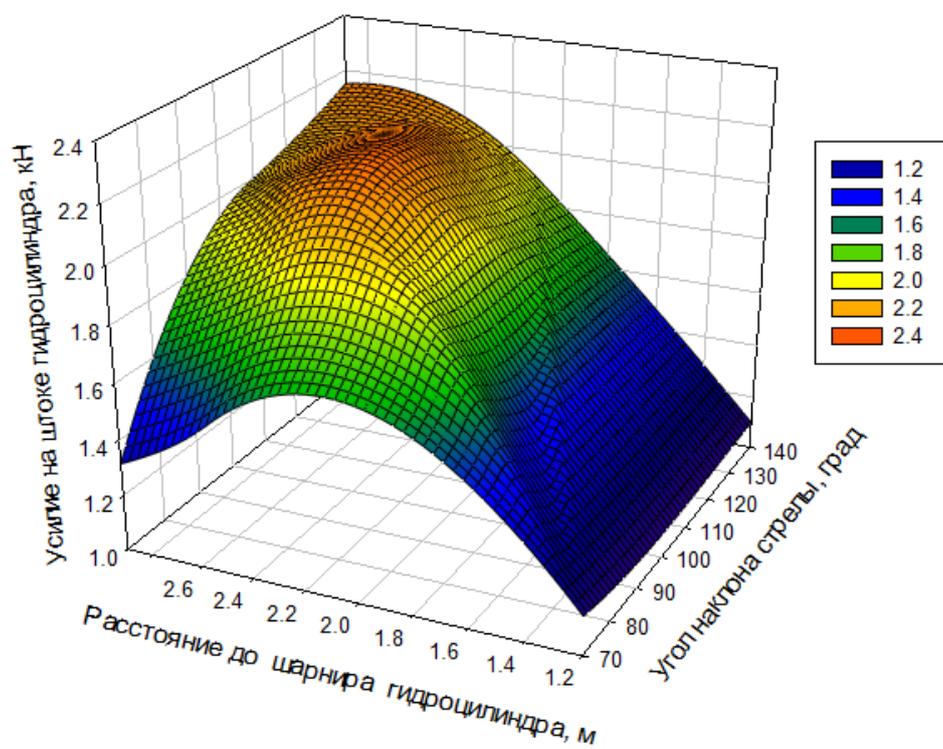


Рисунок 2. Зависимость усилия на штоке гидроцилиндра от его кинематических параметров

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 150669 Российская Федерация, МПК В66С 23/82. Устройство для изменения точки крепления силового гидроцилиндра стрелы фронтального погрузчика / С.А. Жигунов , В. В. Васильчиков; заявитель и патентообладатель: Жигунов Сергей Алексеевич (RU), Приоритет(ы): (22) Дата подачи заявки: 04.09.2014 Жигунов Сергей Алексеевич (RU), Васильчиков Валентин Владимирович (RU) – № 2014136119/11; заявл. 04.09.2014; опубл. 20.02.2015, Бюл. № 5.
2. Погрузчики периодического и непрерывного действия – виды, краткое устройство, работа. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://infopedia.su/3x2034.html>.
3. Павлов П.И. Факторы, влияющие на энергоёмкость фронтального погрузчика / П.И. Павлов, В.В. Васильчиков, С.А. Жигунов // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. Саратов, 2014. № 6, С. 58–60.
4. Токарев В.И. Разработка методов и средств повышения эксплуатационной эффективности мобильных погрузчиков сельскохозяйственного назначения. [Текст]: дис. ... канд. тех. наук: 05.20.01: защищена 17.12.2018 / Токарев Владимир Иванович. – Волгоград., 2018. – 174 с.

## REFERENCES

1. Pat. 150669 Russian Federation, IPC B66C 23/82. Device for changing the attachment point of the power hydraulic cylinder of the boom of a front loader / S.A. Zhigunov , V. V. Vasilchikov; applicant and patent holder: Zhigunov Sergey Alekseevich (RU), Priority(s): (22) Application date: 04.09.2014 Zhigunov Sergey Alekseevich (RU), Vasilchikov Valentin Vladimirovich (RU) – No. 2014136119/11; application 04.09.2014; publ. 02/20/2015, Issue №. 5.
2. Loaders of periodic and continuous action – types, brief device, work. [electronic resource]. Access mode: <https://infopedia.su/3x2034.html>.
3. Pavlov P.I. Factors influencing the energy intensity of a front loader / P.I. Pavlov, V.V. Vasilchikov, S.A. Zhigunov // Bulletin of the Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Saratov, 2014. № 6, pp. 58–60.
4. Tokarev V.I. Development of methods and means to improve the operational efficiency of mobile agricultural loaders. [Text]: dis. ... candidate of Technical Sciences: 05.20.01: protected on 12/17/2018 / Tokarev Vladimir Ivanovich. – Volgograd., 2018. – 174 p.

Научная статья

УДК 635.89

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕССА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ БЛОКОВ ГРИБНОГО СУБСТРАТА

*П.И. Павлов, Д.А. Смотряков, Т.В. Овчинникова*

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

**Аннотация:** в статье приведены результаты экспериментальных исследований усилия прессования субстрата для выращивания грибов в блоки. Получены зависимости усилия от скорости движения поршня при различных видах материала субстрата: соломенной резки, лузги подсолнечника, щепы.

**Ключевые слова:** грибы, субстрат, пресс, блок грибного субстрата, поршень прессы, скорость поршня.

Original article

## EXPERIMENTAL STUDY OF THE PRESS FOR THE FORMATION OF BLOCKS OF FUNGAL SUBSTRATE

*P.I. Pavlov, D.A. Smotryakov, T.V. Ovchinnikova*

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

**Abstract:** the article presents the results of experimental studies of the pressing force of the substrate for growing mushrooms in blocks. The dependences of the force on the speed of the piston movement are obtained for various types of substrate material: straw cutting, sunflower husks, wood chips.

**Keywords:** mushrooms, substrate, press, mushroom substrate block, press piston, piston speed.

### **Введение:**

Производство грибов – перспективная и активно развивающаяся отрасль сельского хозяйства. В России спрос на грибную продукцию по итогам 2022 года вырос на 82 %, а спрос на семена (мицелий) в текущем году – в 5 раз. Увеличение объема потребления грибов объясняется также стремлением вести здоровый образ жизни [1].

Широкое распространение получило выращивание грибов «вешенка» и им подобных, обладающих высокой урожайностью и хорошими вкусовыми

качествами. Данный вид грибов выращивается, в основном, на блоках специально приготовленного субстрата. В состав субстрата могут включаться различные компоненты, наиболее распространенными являются солома злаковых культур, лузга подсолнечника, древесная щепа и др.

Серийных машин для формирования блоков субстрата в настоящее время практически не выпускается. Разработан ряд конструкций [4, 5], которые различаются способом формирования блоков.

Наибольшее распространение получили технологические схемы изготовления субстратных блоков сжатием субстрата в корпусе изделия за счет использования гидроцилиндров с поршнем. Субстрат дозируется, в него вносят рассчитанное количество посевного материала, далее следует загрузка в камеру сжатия. Субстрат сжимается и подается в полиэтиленовый пакет. Проведенный анализ существующих конструкций машин, применяемых для механизации формирования субстратных блоков, показал, что их применение в условиях промышленного производства требует повышенных трудозатрат, некоторые конструкции не обеспечивают необходимых характеристик при формировании субстратных блоков.

#### **Методика исследований:**

Для повышения эффективности формирования субстратных блоков предложена новая конструкция пресса для формирования блоков тепличного субстрата [2, 3], позволяющая повысить производительность процесса и обеспечить равномерную плотность по сечению блока.

В процессе формирования блока одним из основных параметров является усилие прессования или усилие на поршне  $F_{п}$ .

Для экспериментального исследования усилия взаимодействия был изготовлен опытный образец пресса. Скорость движения поршня задавалась изменением подачи гидравлической жидкости. Для этого в контуре гидравлической системы использовался дроссель. Давление в гидросистеме  $p$  (МПа) измерялось манометром.

Усилие на штоке гидроцилиндра:

$$F_{п2}^{\text{э}} = pA_{ш},$$

где  $A_{ш}$  – площадь поршня гидроцилиндра, мм<sup>2</sup>.

В качестве исходного материала для формирования блоков субстрата использовались: резка соломы, лузга подсолнечника, щепа (опилки).

#### **Результаты исследований:**

В результате проведенных экспериментальных исследований получены зависимости изменения усилия на поршне пресса от скорости его движения. На рисунке 1 представлена данная зависимость для соломенной резки.

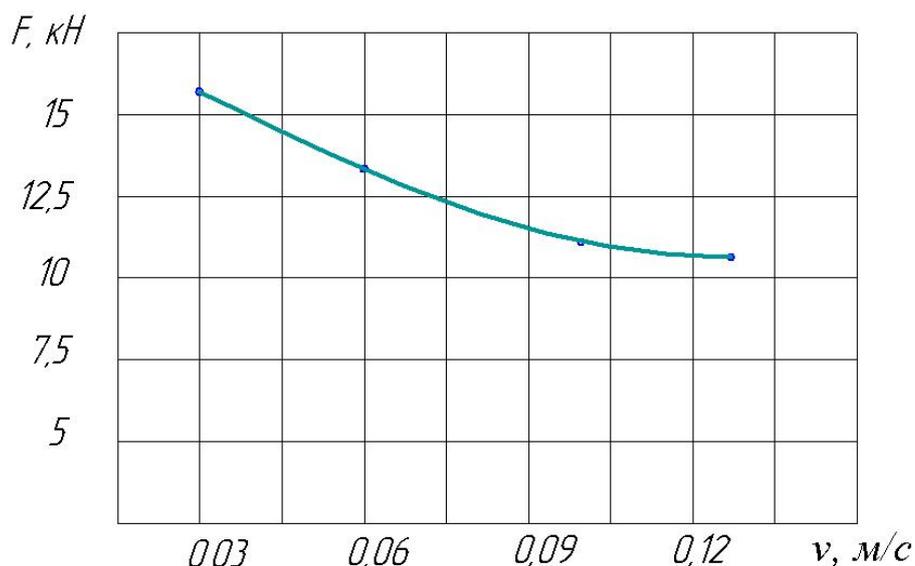


Рисунок 1. Зависимость изменения усилия на поршне пресса от скорости движения для соломенной резки

С увеличением скорости усилие на штоке снижается. Максимальное усилие 15,6 кН соответствует наименьшей экспериментальной скорости 0,03 м/с. Снижение усилия происходит до скорости 0,1 м/с и затем снижение практически прекращается. Минимальное усилие соответствует скорости 0,13 м/с. Изменение усилия определяется характером трения субстрата. При малой скорости фактически имеет место трение близкое к трению покоя. При большей скорости – к трению движения, которое меньше по значению.

На рисунке 2 представлена зависимость изменения усилия на поршне пресса от скорости движения для лузги подсолнечника. Анализ полученной зависимости показывает характер изменения близкий к характеру изменения для соломенной резки. Максимальное усилие имеет место при наименьшей скорости движения поршня. Минимальное усилие – при наибольшей экспериментальной скорости. Такое изменение также связано с характером трения лузги подсолнечника при различных скоростях движения.

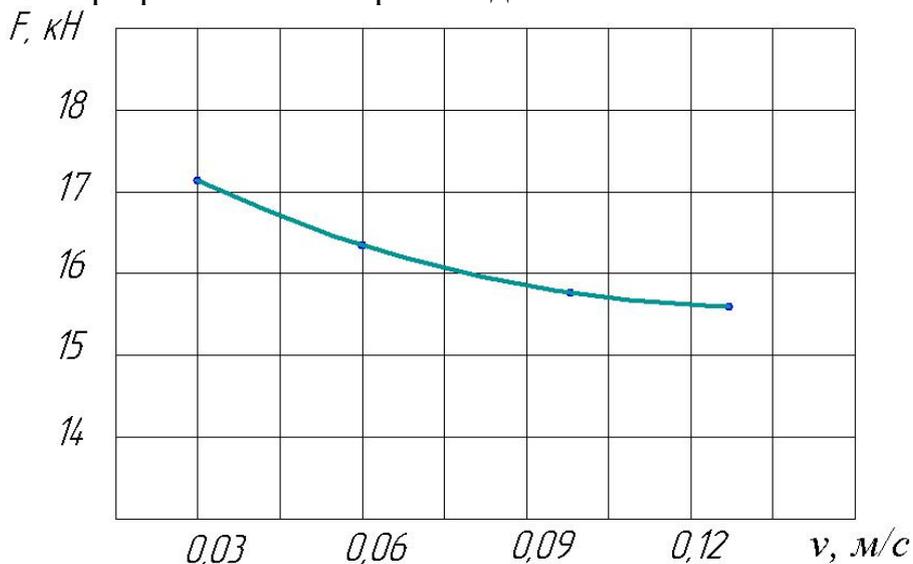


Рисунок 2. Зависимость изменения усилия на поршне пресса от скорости движения для лузги подсолнечника

На рисунке 3 представлена зависимость изменения усилия на поршне прессы от скорости движения для щепы. Характер зависимости для щепы отличается от характера зависимостей для соломы и лузги. С увеличением скорости необходимое усилие поршня увеличивается.

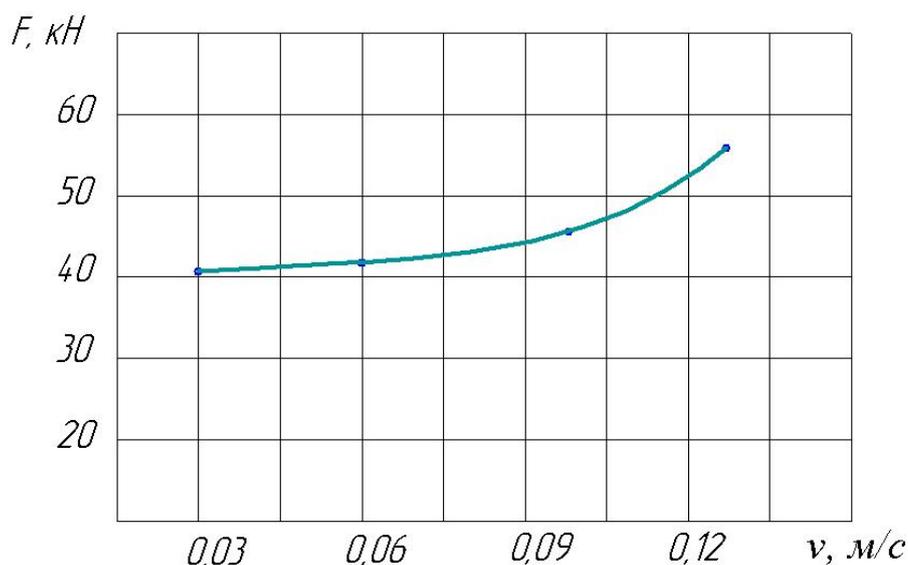


Рисунок 3. Зависимость изменения усилия на поршне прессы от скорости движения для щепы

Такой характер изменения связан с меньшей сжимаемостью щепы, что приводит к росту напряжений сжатия и соответственно нормального давления при увеличении скорости. Увеличивается сила трения и общее усилие на поршне.

#### **Заключение:**

Результаты экспериментальных исследований процесса формирования блоков субстрата для выращивания грибов показывают, что основное влияние на усилие на поршне оказывает скорость движения и физико-механические свойства материала субстрата. Экспериментальные зависимости позволяют обосновать рациональное значение скорости поршня прессы: для соломы и лузги подсолнечника она составляет 0,10–0,13 м/с; для щепы 0,08–0,09 м/с.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Грибной бум: обзор стартапов по производству и переработке грибов [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/rshb/articles/740356/>.
2. Патент на полезную модель № 219973 U1. Устройство для наполнения пакетов субстратом для выращивания грибов / Смотряков Д.А., Павлов П.И., Смотряков А.А. – заявка: 2022131485 от 01.12.2022; Опубликовано: 16.08.2022.
3. Павлов П.И., Смотряков Д.А., Курунин В.А. Устройство для наполнения пакетов субстратом для выращивания грибов / В сборнике: Проблемы и перспективы развития АПК: технические и сельскохозяйственные науки. Материалы Региональной научно-технической конференции, посвященной 110-летию Вавиловского университета. Саратов, 2023. – с. 23–25.

4. Павлов П.И., Смотряков Д.А., Курунин В.А. Анализ средств механизации, используемых при выращивании грибов / Проблемы и перспективы развития АПК: технические и сельскохозяйственные науки. Материалы Региональной научно-технической конференции, посвященной 110-летию Вавиловского университета. Саратов, 2023. – с. 20–22.

5. Смотряков Д.А., Павлов П.И., Курунин В.А. Конструктивно-технологическая схема машины для формирования блоков / Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники. Материалы XXXVI Международной научно-технической конференции имени В.В. Михайлова. – Саратов, 2023. – Выпуск 36. – с. 382–386.

## REFERENCES

1. Mushroom boom: an overview of start-ups for the production and processing of mushrooms [Electronic resource] – Access mode: <https://habr.com/ru/companies/rshb/articles/740356/>.

2. Utility model Patent No. 219973 U1. A device for filling bags with a substrate for growing mushrooms / Smotryakov D.A., Pavlov P.I., Smotryakov A.A. – application: 2022131485 dated 12/01/2022; Published: 16.08.2022.

3. Pavlov P.I., Smotryakov D.A., Kurunin V.A. Device for filling bags with a substrate for growing mushrooms / In the collection: Problems and prospects of development of agro-industrial complex: technical and agricultural sciences. Materials of the Regional Scientific and Technical Conference dedicated to the 110th anniversary of Vavilov University. Saratov, 2023. – pp. 23–25.

4. Pavlov P.I., Smotryakov D.A., Kurunin V.A. Analysis of mechanization tools used in mushroom cultivation / Problems and prospects of agro-industrial complex development: technical and agricultural sciences. Materials of the Regional Scientific and Technical Conference dedicated to the 110th anniversary of Vavilov University. Saratov, 2023. – pp. 20–22.

5. Smotryakov D.A., Pavlov P.I., Kurunin V.A. Constructive and technological scheme of a machine for forming blocks / Problems of efficiency and operation of automotive equipment. Materials of the XXXVI International Scientific and Technical Conference named after V.V. Mikhailov. – Saratov, 2023. – Issue 36. – pp. 382–386.

Научная статья

УДК 631.371

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ТВЕРДЫХ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

*П.И. Павлов, И.Л. Дзюбан, А.О. Везилов*

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

**Аннотация:** использование органических удобрений в сельском хозяйстве способствует повышению урожайности и созданию устойчивых агроэкосистем. Перспективным направлением является применение органоминеральных удобрений, состоящих из органических и минеральных компонентов. Представлены результаты исследований машины для приготовления органоминеральных удобрений из смеси, состоящей из трех компонентов. Максимальная производительность машины составила 39 кг/с при высоте зубьев 40–50 мм и угловой скорости шнека 170–210 мин<sup>-1</sup>. Значение коэффициента смешивания достигает максимума, равного 0,96, при частоте вращения шнека 220–255 мин<sup>-1</sup> и частоте вращения вала барабана 65 мин<sup>-1</sup>. Отклонение параметров от указанных значений снижает качество смешивания и производительность машины.

**Ключевые слова:** органические удобрения, погрузчик-смеситель, ленточный шнек, шнекофрезерный рабочий орган, производительность, качество смешивания.

Original article

## IMPROVEMENT OF SOLID ORGANOMINERAL FERTILIZER PREPARATION PROCESSES

*P.I. Pavlov, I.L. Dzyuban, A.O. Vezirov*

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

**Abstract:** the use of organic fertilizers in agriculture contributes to increased crop yields and the creation of sustainable agroecosystems. A promising direction is the application of organomineral fertilizers, consisting of organic and mineral components. The results of research on a machine for preparing organomineral fertilizers from a mixture of three components are presented. The machine's maximum productivity was 39 kg/s at a tooth height of 40–50 mm and an auger angular speed of 170–210 rpm. The mixing coefficient reaches a maximum value of 0,96 at an auger rotation speed of 220–255 rpm and a drum shaft rotation speed of 65 rpm. Deviations from these parameters reduce the mixing quality and the machine's productivity.

**Keywords:** organic fertilizers, loader-mixer, belt auger, screw-milling working body, productivity, mixing quality.

## **Введение:**

Органические удобрения представляют собой ключевой элемент в создании устойчивых и экологически чистых систем сельскохозяйственного производства. Использование органических удобрений уменьшает риск загрязнения почвы и водных ресурсов химическими веществами, что способствует сохранению биоразнообразия и здоровья экосистем. Органические удобрения способствуют производству продуктов с высоким содержанием питательных веществ и улучшенными вкусовыми качествами, и является эффективным способом повышения урожайности.

Существующие исследования показали, что прирост урожайности озимой пшеницы при использовании только минеральных удобрений составил 4–22 ц/га, только органических 10–20, а при внесении органоминеральных (смесь органических и минеральных удобрений) 18–23 ц/га. Доказанная эффективность внесения органоминеральных удобрений на 36% выше, чем при внесении органических, и на 11% при внесении только минеральных [1]. Таким образом, производство и использование комплексных органоминеральных удобрений позволяет значительно повысить урожайность культур и является перспективным направлением исследований.

По данным Всероссийского НИИ удобрений и торфа общий выход навоза и помёта в России составляет около 300 млн. тонн в год. Из этого объема в 2022 году по данным Росстата было внесено только 70,9 млн. тонн [2]. Большая часть, из которых вносится на поля без предварительной подготовки, и только около 1 млн. тонн из этого объема проходят предварительную подготовку. По оценкам экспертов для восполнения уровня плодородия почв и необходимо вносить на поля около 800 млн. т. ежегодно [3–4].

В настоящее время актуальным является приготовление органоминеральных удобрений и разработка соответствующих технических средств и технологий для их производства. Очевидно, что существующие технические средства недостаточно эффективны для работы с такими компонентами, поскольку они обладают физико-механическими свойствами отличающие их от традиционных источников: навоза или помёта. Кроме того, приготовление высокоэффективных сбалансированных органоминеральных удобрений требует высокого качества смешивания и дозировки компонентов, что редко могут обеспечить существующие машины и оборудование при требуемой производительности. Например, при площадочном способе производства органоминеральных удобрений внесения минералов производится разбрасывателями, при этом неравномерность внесения фактического количества от заданного достигает  $\pm 5\%$ , а неравномерность распределения по ширине захвата варьируется в пределах  $\pm 15\%$  [5]. Соответственно дальнейшее смешивание с другими компонентами также будет неравномерным и приведет к падению эффективности применения удобрений при их внесении.

### Методика исследований:

Для решения обозначенной проблемы в Вавиловском университете разработана машина для приготовления органоминеральных удобрений площадочным способом оснащенная шнекофрезерным рабочим органом [6–7].

Теоретическими исследованиями были обоснованы значения производительности [8]. Экспериментальными методами изучали качество смешивания и его зависимость от исследуемых факторов. Для постановки эксперимента использовали трехкомпонентную смесь: опилка, навоз (перепревший), минеральное удобрение (суперфосфат). Критериями оптимизации были определены: частота вращения шнекофрезерного рабочего органа (шнека) (об/мин), частота вращения вала дозирующего устройства (об/мин), высота установки отделяющих зубьев (мм), а факторами выбраны: производительность (кг/с) и качество смешивания (ед.).

Предварительными поисковыми исследованиями была установлена оптимальная поступательная скорость подачи машины равная 0,05 м/с при диаметре шнека равным 0,8 м. Экспериментальные данные подтвердили теоретические выводы.

### Результаты исследований:

В ходе обработки результатов были получены уравнение регрессии (1) и трехмерная поверхность отклика (рис. 1):

$$z = 28,415 + 0,00058x^2 + 0,0043y^2 - 0,0000021x^3 - 0,000064y^3. \quad (1)$$

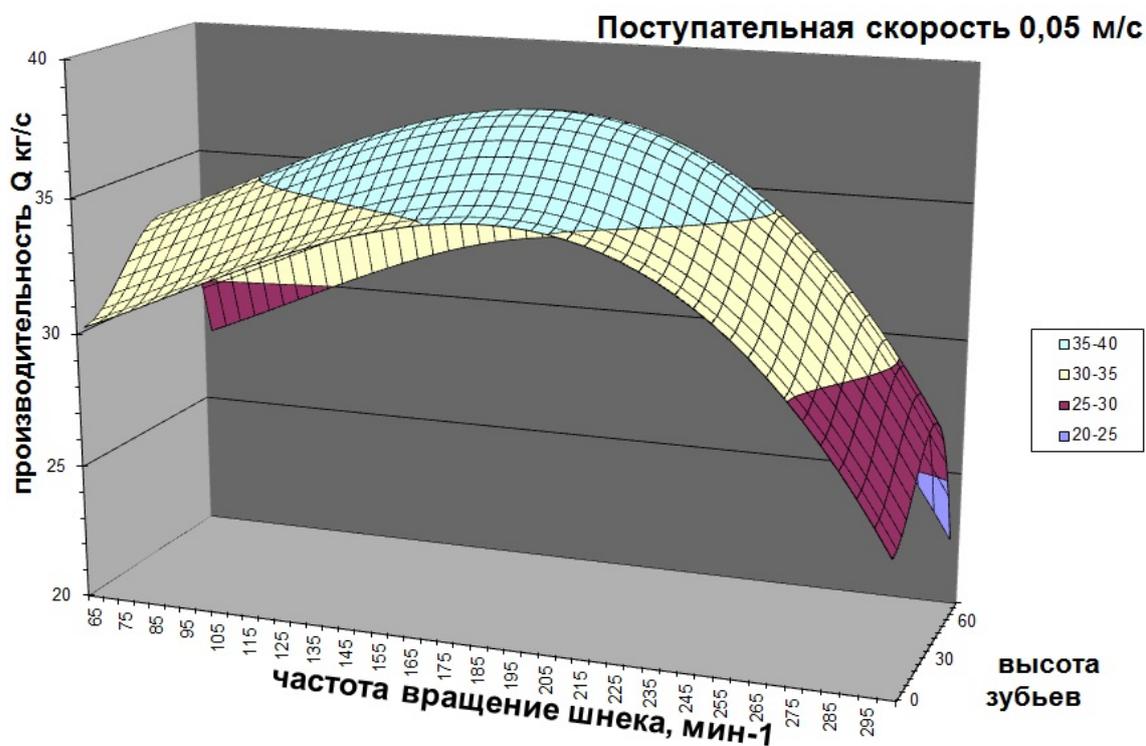


Рисунок 1. Трехмерное графическое изображение влияния высоты установки отделяющих зубьев L (мм) и частоты вращения шнекофрезерного рабочего органа n (мин<sup>-1</sup>) на производительности Q (кг/с)

Зависимость производительности демонстрирует нелинейное поведение как по отношению к частоте вращения шнекофрезерного рабочего органа  $n$  ( $\text{мин}^{-1}$ ), так и по отношению к высоте установки зубьев. При увеличении частоты вращения наблюдается рост производительности. Максимальная производительность, составляющая 38–39 кг/с наблюдается при частоте вращения в диапазоне от 175 до 235  $\text{мин}^{-1}$ . Аналогично, изменение производительности в зависимости от высоты зубьев также носит нелинейный характер. Оптимальная высота зубьев, при которой производительность достигает максимальных значений 38–39 кг/с и находится в интервале от 44 до 56 мм. Отклонение в любую сторону от данных значений приводит к падению производительности [9].

Характер изменения качества смешивания описывается квадратичной зависимостью (2), а его графическая интерпретация представлена на рисунке 2:

$$z = 0,414 + 0,002x + 0,007y - 0,000015ux^2 - 0,000054y^2 - 0,000000011x^3 + 0,0000001xy^2. \quad (2)$$

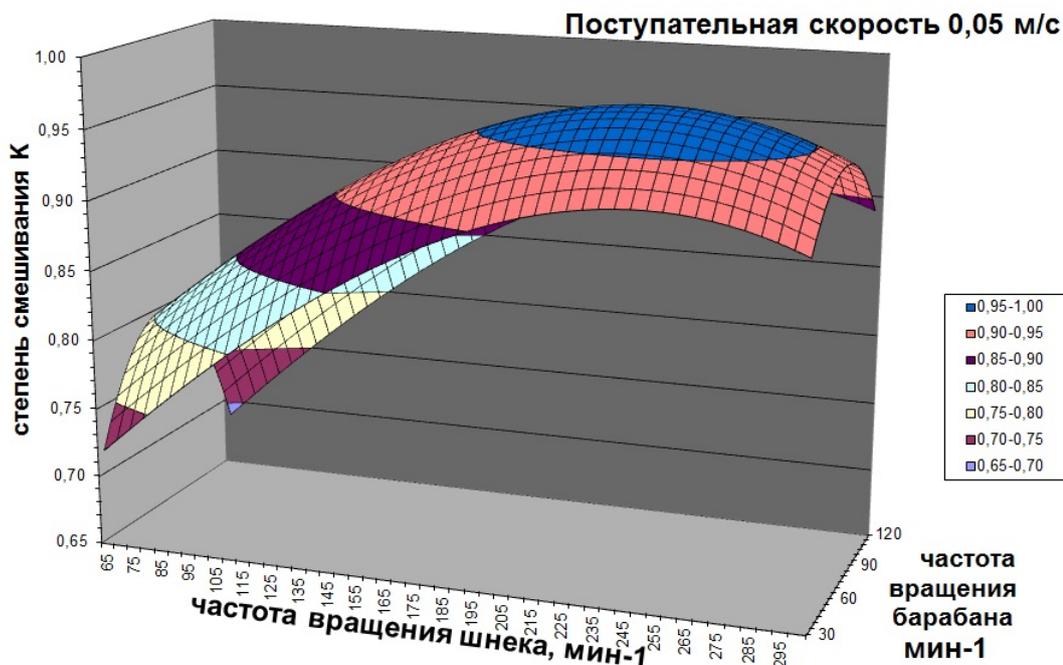


Рисунок 2. Трехмерное графическое изображение влияния частоты вращения барабана  $n$  ( $\text{мин}^{-1}$ ) и шнекофрезерного рабочего органа  $v$  ( $\text{мин}^{-1}$ ) на коэффициент смешивания  $K$

Коэффициент смешивания достигает максимума (0,96) при частоте вращения шнекофрезерного рабочего органа 225–250  $\text{мин}^{-1}$ , благодаря интенсивному взаимодействию органических компонентов с рабочим органом. При увеличении частоты выше 250  $\text{мин}^{-1}$  коэффициент уменьшается из-за перебрасывания компонентов. С ростом частоты до 220  $\text{мин}^{-1}$  коэффициент возрастает, затем снижается при 260–300  $\text{мин}^{-1}$ . При частоте ниже 100  $\text{мин}^{-1}$  коэффициент падает до 0,70–0,80. В диапазоне 260–300  $\text{мин}^{-1}$  коэффициент снижается до 0,85–0,93 из-за разрыхления компонентов.

В бункере-дозаторе аналогичная зависимость: при частоте барабана до 80 мин<sup>-1</sup> и частоте вала 225–250 мин<sup>-1</sup> коэффициент достигает 0,96, затем уменьшается из-за избытка удобрений. При частоте барабана 30–50 мин<sup>-1</sup> коэффициент увеличивается с 0,90 до 0,95 при частоте шнека 250 мин<sup>-1</sup> и с 0,85 при 100 мин<sup>-1</sup> [10]. Данная закономерность объясняется нехваткой органических компонентов при низких частотах и их перенасыщенностью при высоких.

#### **Заключение:**

Машина для приготовления органоминеральных удобрений позволяет создавать смеси из двух и более компонентов, регулируя количество каждого компонента для достижения необходимой производительности качества смешивания. Производительность достигает максимуму 39 кг/с при значении высоты установки отделяющих зубьев 40–50 мм и угловой скорости 170–210 мин<sup>-1</sup>. Коэффициент смешивания достигает максимума 0,96 при частоте вращения шнека 220–255 мин<sup>-1</sup> и вала дозирующего барабана 60 мин<sup>-1</sup> соответственно. Отклонение параметров от выше обозначенных значений ведет к падению производительности и ухудшению качества смешивания.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лукин С.М. Агроэкологическое обоснование систем применения удобрений в севооборотах на дерново-подзолистых супесчаных и песчаных почвах // Автореф. дис....доктора биол. наук. М.: 2009 – 49 с.
2. Использование органических удобрений выросло в России в 2022 году // Площадка поле.рф [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://xn--e1alid.xn--p1ai/journal/publication/1903?ysclid=1w5faxkx4w835628054> (дата обращения 19.05.2024).
3. В РФ подсчитали производство органических удобрений // Союз органического земледелия [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://soz.bio/v-rf-podschitali-proizvodstvo-organich/?ysclid=1w5f08b0ix778685385> (дата обращения 14.05.2024).
4. Производство органических удобрений – одна из недооцененных и перспективных отраслей современного АПК в России // Союз органического земледелия [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://soz.bio/proizvodstvo-organicheskikh-udobreniy/?ysclid=1vyb1ndlxm262386569> (дата обращения 14.05.2024).
5. Кленин Н.И., Егоров В.Г. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Кленин Н.И., Егоров В.Г. – М.: КолоС, 2004. – 464 с.
6. Пат. 117906 Российская Федерация, МПК В 65 G 67/24. Рабочий орган погрузчика-смесителя / Павлов П.И., Левченко Г.В., Везиров А.О., Дзюбан И.Л. – № 2012108283/11; заявл. 05.03.2012; опубл. 10.07.2012, Бюл. №19. – 3 с.
7. Пат. 119337 Российская Федерация, МПК В 65 G 65/22. Погрузчик-смеситель органоминерального компоста / Везиров А.О., Дзюбан И.Л., Павлов П.И. – № 2012114293/11; заявл. 11.04.2012; опубл. 20.08.2012, Бюл. №23. – 4 с.
8. Павлов П.И., Дзюбан И.Л., Везиров А.О. Обоснование параметров шнекового погрузчика-смесителя органоминерального компоста // Вестник

Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». 2019. № 6 (94). С. 4–9.

9. Дзюбан И.Л., Павлов П.И. Результаты исследований производительности погрузчика-смесителя органоминерального компоста // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2014. № 7. С. 35–37.

10. Павлов П.И., Дзюбан И.Л. Результаты исследования степени смешивания погрузчика-смесителя для приготовления органоминерального компоста // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2014. № 8. С. 50–51.

## REFERENCES

1. Lukin S.M. Agroecological Justification of Fertilizer Application Systems in Crop Rotations on Sod-Podzolic Sandy Loam and Sandy Soils // Abstract of Doctoral Dissertation in Biological Sciences. Moscow, 2009. – 49 pages.

2. The Use of Organic Fertilizers Increased in Russia in 2022 // Pole.rf Platform [Electronic resource]. Available at: <https://xn--e1alid.xn--plai/journal/publication/1903?ysclid=lw5faxkx4w835628054> (accessed on 19.05.2024).

3. Organic Fertilizer Production in Russia Calculated // Union of Organic Farming [Electronic resource]. Available at: <https://soz.bio/v-rf-podschitali-proizvodstvo-organich/?ysclid=lw5f08b0ix778685385> (accessed on 14.05.2024).

4. Organic Fertilizer Production: One of the Undervalued and Promising Sectors of the Modern Agro-Industrial Complex in Russia // Union of Organic Farming [Electronic resource]. Available at: <https://soz.bio/proizvodstvo-organicheskikh-udobreniy/?ysclid=lvyb1ndlxm262386569> (accessed on 14.05.2024).

5. Klenin N.I., Egorov V.G. Agricultural and Land Reclamation Machines / Klenin N.I., Egorov V.G. – Moscow: KoloS, 2004. – 464 pages.

6. Patent 117906 Russian Federation, IPC B 65 G 67/24. Loader-Mixer Working Body / Pavlov P.I., Levchenko G.V., Vezirov A.O., Dzyuban I.L. – No. 2012108283/11; filed 05.03.2012; published 10.07.2012, Bulletin No. 19. – 3 pages.

7. Patent 119337 Russian Federation, IPC B 65 G 65/22. Loader-Mixer for Organomineral Compost / Vezirov A.O., Dzyuban I.L., Pavlov P.I. – No. 2012114293/11; filed 11.04.2012; published 20.08.2012, Bulletin No. 23. – 4 pages.

8. Pavlov P.I., Dzyuban I.L., Vezirov A.O. Justification of the Parameters of the Auger Loader-Mixer for Organomineral Compost // Bulletin of the Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin. 2019. No. 6 (94). Pp. 4–9.

9. Dzyuban I.L., Pavlov P.I. Results of Research on the Productivity of the Loader-Mixer for Organomineral Compost // Bulletin of the Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. 2014. No. 7. Pp. 35–37.

10. Pavlov P.I., Dzyuban I.L. Results of Research on the Mixing Degree of the Loader-Mixer for Preparing Organomineral Compost // Bulletin of the Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. 2014. No. 8. Pp. 50–51.

Научная статья  
УДК 621.867

## ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ОЧИСТКИ ТРАНСПОРТЕРНЫХ ЛЕНТ

*П.И. Павлов, В.А. Курунин*

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

**Аннотация:** в статье рассматривается важность процесса очистки транспортерных лент для поддержания эффективной работы конвейера. В тексте рассматриваются технические средства, применяемые для очистки транспортерных лент в разных отраслях.

**Ключевые слова:** очистка, конвейер, транспортерная лента, щетка, скребок.

Original article

## TECHNICAL PRODUCTS FOR CLEANING CONVEYOR BELTS

*P.I. Pavlov, V.A. Kurunin*

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

**Abstract:** the article simplifies the process of cleaning conveyor belts to maintain efficient conveyor operation. The text provides technical means used to clean vehicles in various industries.

**Keywords:** cleaning, conveyor, conveyor belt, brush, scraper.

Очистка транспортерной ленты является важным процессом для поддержания эффективной работы конвейера. Необходимость очистки транспортерной ленты возникает по следующим причинам:

1. Удаление загрязнений: пыль, грязь, масло и другие загрязнения могут накапливаться на поверхности ленты, что может привести к остановкам или поломкам в работе конвейера.

2. Предотвращение загрязнения продукции: если транспортерная лента не очищается, загрязнения с нее могут передаваться на транспортируемые материалы, что может привести к загрязнению продукции, в частности зерна.

3. Уменьшение износа: Загрязнения на поверхности могут вызвать износ ленты, уменьшая её срок службы и ухудшая качество транспортировки.

4. Повышение безопасности: Грязь и масло на транспортерной ленте могут стать причиной скольжения и несчастных случаев на рабочем месте. Очистка ленты поможет уменьшить риск возникновения аварий [1].

Существует несколько основных типов средств для очистки транспортерных лент, которые можно классифицировать в зависимости от их принципа работы и назначения, наибольшее распространение получили механические средства: это могут быть щетки (рис.1), скребки (рис.2), лопасти, резиновые полосы и другие элементы, которые физически удаляют загрязнения с поверхности ленты [3].

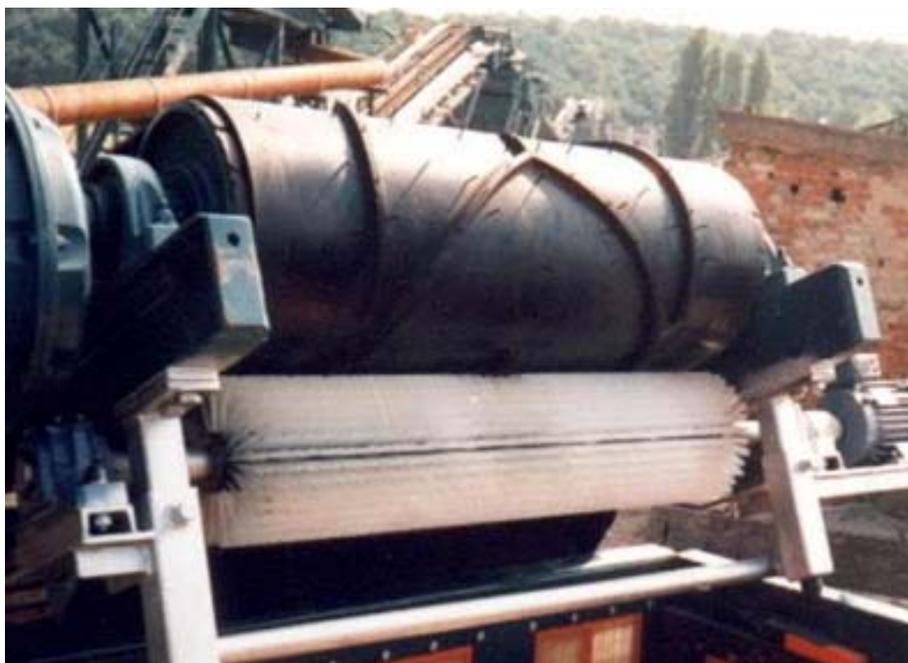


Рисунок 1. Щетка на конвейере



Рисунок 2. Скребок тонкой очистки

Воздушные средства: используют компрессированный воздух или вакуумные системы для удаления мелких частиц и пыли с поверхности ленты. Такие системы могут работать как дополнительное средство очистки или быть основным методом в зависимости от условий эксплуатации.

Химические средства: могут включать в себя присадки к воде или специальные растворы, которые помогают размягчить или растворить загрязнения на поверхности ленты для их более эффективного удаления. Они часто применяются в сочетании с механическими или воздушными средствами.

Комбинированные средства: включают в себя системы, которые сочетают в себе несколько методов очистки для наиболее эффективного результата. Например, это могут быть устройства, оснащенные как механическими элементами (щетками, скребками), так и воздушными системами [2].

Выбор конкретного средства для очистки транспортерной ленты зависит от типа загрязнений, условий эксплуатации, характеристик ленты и требований к процессу очистки. Важно учитывать все эти факторы при выборе наиболее подходящего решения для конкретного производства или предприятия. Анализ технологий показал, что наиболее эффективным способом для производства и хранения зерна является механические средства очистки транспортерных лент.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бибииков П.Я. Влияние текстуры поверхности конвейерной ленты на выбор очистительного устройства. Сб. трудов. Технология производства нерудных строительных и облицовочных материалов. М.: ВНИПИИстромсырье. ВНИИЖБ, 1986. С. 149–155.

2. Бибииков П.Я. Анализ влияния условий взаимодействия загрязненной поверхности конвейерной ленты с рабочим органом очистного устройства на выбор его конструкции / П. Я. Бибииков // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2004. – № 11. – С. 235–238. – EDN IFAOUR.

3. Николаев Е.Д. Антология очистки конвейерных лент от налипающих пород / Е. Д. Николаев, В. В. Чаплыгин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – № 3. – С. 386–399. – EDN TJYGNX.

## REFERENCES

1. Bibikov P.Y. The influence of conveyor belt surface texture on the choice of cleaning device. Sat. works Technology of production of non-metallic building and facing materials. M.: VNIPIIstromsyrye. VNIIZHB, 1986. pp. 149–155.

2. Bibikov P.Y. Analysis of the influence of the conditions of interaction of the contaminated surface of the conveyor belt with the working body of the cleaning device on the choice of its design / P. Y. Bibikov // Mining Information and Analytical Bulletin. – 2004. – No. 11. – P. 235–238. – EDN IFAOUR.

3. Nikolaev E.D. Anthology of cleaning conveyor belts from adhering rocks / E. D. Nikolaev, V. V. Chaplygin // Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal). – 2015. – No. 3. – P. 386–399. – EDN TJYGNX.

Научная статья

УДК: 631.51.01; 631.31

## ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА СКЛОНОВЫХ ЗЕМЛЯХ

*Н.М. Соколов, С.Б. Стрельцов, В.В. Худяков, П.А. Покусаев*

ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока», г. Саратов, Россия

**Аннотация:** изучен технологический процесс основной ресурсосберегающей обработки почвы на склоновых землях. Исследования проводились по стерне овса, на склоне 2...4°, при влажности почвы до 15 % и твердости пахотного слоя до 2,3 МПа. В данных условиях определены основные агротехнические и эксплуатационно-технологические показатели экспериментального почвообрабатывающего орудия агрегатируемого трактором МТЗ-1523 при выполнении зяблевой обработки почвы с одновременным формированием на поверхности поля противоэрозионного микрорельефа.

**Ключевые слова:** обработка почвы, противоэрозионный микрорельеф, склоновые земли, почвообрабатывающее орудие, агротехнические показатели.

Original article

## EXPERIENCE IN THE APPLICATION OF RESOURCE-SAVING TILLAGE ON SLOPING LANDS

*N.M. Sokolov, S.B. Streltsov, V.V. Khudyakov, P.A. Pokusaev*

Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Agrarian  
Scientific Center of the South-East», Saratov, Russia

**Abstract:** the technological process of the primary resource-saving soil cultivation on sloping lands has been studied. The studies were conducted on oat stubble, on a slope of 2...4°, with soil moisture up to 15 % and arable layer hardness up to 2.3 MPa. Under these conditions, the main agrotechnical and operational-technological indicators of the experimental soil-cultivating implement aggregated with the MTZ-1523 tractor were determined when performing autumn soil cultivation with simultaneous formation of an anti-erosion microrelief on the field surface.

**Keywords:** tillage, anti-erosion microrelief, sloping lands, tillage tools, agrotechnical indicators.

## **Введение:**

Почвенная влага является основным фактором для получения гарантированных урожаев в засушливых условиях Поволжья. В этом регионе кроме недостаточного количества водных ресурсов больше половины обрабатываемых земель располагаются на склоновых землях. Это приводит к потерям атмосферных осадков в связи с формированием поверхностного стока воды при снеготаянии и выпадении ливневых осадков [1, 2].

Кроме возникающей в таких условиях водной эрозии имеет место технологическая эрозия, величина которой зависит от способа и интенсивности обработки почвенного пласта. В результате совместного действия водной и технологической эрозии происходит смещение верхнего плодородного почвенного слоя в нижнюю часть склона. По результатам многочисленных исследований на склонах ежегодные потери воды со стоком могут составлять до 40 %, при этом средние потери плодородной почвы могут достигать до 10 и более тонн на гектар [3, 4, 5].

## **Методика исследований:**

Проводимые исследования выполнялись согласно ГОСТ 20915-2011, ГОСТ Р 53056-2008, ГОСТ Р 52778-2007, ГОСТ Р 54783-2011, СТО АИСТ 4.2-2010.

Полученные результаты экспериментальных исследований обрабатывались методом математической статистики на ЭВМ.

Особенностью ресурсосберегающей обработки почвы на склоновых землях является то, что при выполнении сплошной безотвальной обработки почвы на поверхности пашни поперек склона создается противоэрозионный микрорельеф. Формирование данного микрорельефа осуществляется посредством срезания верхнего слоя почвы со стерней и его смещение вверх по склону. Данный технологический процесс позволяет при каждой обработке проводить безотвальное рыхление почвы на глубину до 16 см, создавать противоэрозионный микрорельеф и выравнивать верхний плодородный почвенный слой по толщине на обрабатываемом склоне.

Основной целью проводимых исследований являлось определение основных агротехнических и эксплуатационно-технологических показателей работы почвообрабатывающего орудия, его фактической производительности, погектарного расхода топлива и надежности выполнения технологического процесса основной обработки в хозяйственных условиях.

### **Результаты исследований:**

Проверка ресурсосберегающей технологии и почвообрабатывающего орудия для ее реализации проводились в опытной станции «Аркадакская» Аркадакского района Саратовской области. Опыты закладывались на черноземе южном тяжелосуглинистом на поле после уборки овса на склоновом участке величиной 2...4°. Влажность почвы в период обработки составляла 14,6 %, твердость 2,3 МПа. Количество стерневых остатков, на поверхности обрабатываемого участка изменялось в пределах 207...225 г/м<sup>2</sup>. Полученные результаты проведенных исследований представлены в таблице 1.

Анализ полученных данных показывает (таблица 1), что экспериментальное орудие агрегатируемое трактором МТЗ-1523 на рабочих скоростях 2,1...2,6 м/с обеспечивает равномерную установочную глубину основной обработки почвы на склонах равную 15,4 см, со среднеквадратическим отклонением не превышающим  $\pm 1,3$  см. что соответствует требованиям ТЗ. Средняя глубина подрезания верхнего слоя почвы с пожнивными остатками подрезающими рабочими органами составила 4,6 см. Крошение обработанного пласта почвы было удовлетворительное, при этом количество фракции почвы размером до 5 см составляло не менее 70,0 %. Одновременно с обработкой почвы при проходе орудия, на поверхности пашни создавался противоэрозионный микрорельеф из подрезанной почвенно-стерневой смеси. При увеличении поступательной скорости движения орудия до 2,6 м/с форма и размеры создаваемого поперек господствующего склона противоэрозионного микрорельефа были в определенных техническим заданием пределах и составляли: средняя ширина 0,36 м и высота 0,14 м.

Таблица 1 – Эксплуатационно-технологические показатели  
экспериментального почвообрабатывающего орудия

Показатель	Значение показателя по:	
	ТЗ	данным испытаний
Состав агрегата	Трактор класса 30-40 кН	МТЗ-1523 + орудие
- поступательная скорость движения, км/ч (м/с)	до 10 (2,8)	9,3 (2,6)
- ширина захвата орудия, м	3±0,05	3,0
- глубина обработки почвы плоскорезными лапами, см	До 16,0	15,4
- глубина подрезания верхнего слоя почвы подрезающими рабочими органами, см	4-6	4,6
Производительность га/ч:		
- основного времени	1,8-3,0	2,8
- сменного времени	-	2,14
- эксплуатационного времени	1,4-2,3	2,11
Удельный расход топлива, кг/га	Нет данных	8,1
Эксплуатационно-технологические коэффициенты:		
- надежности технологического процесса	Не менее 0,98	0,98
- использования сменного времени	Не менее 0,78	0,79
- использования эксплуатационного времени	Не менее 0,77	0,78
Показатели качества выполнения технологического процесса:		
- крошение почвы, %, размер фракции менее 50 мм	Не менее 50	70,3
Размеры валиков образуемого микрорельефа, см		
- ширина	27-38	35,8
- высота	12-20	14,3
- забивание рабочих органов почвой	Не допускается	Не наблюдалось

Производительность агрегата состоящего из трактора МТЗ 1523 и экспериментального орудия за час основного времени составила 2,8 га, при этом удельный расход топлива был равен 8,1 кг/га.

При проведении учета времени на устранение вынужденных простоев связанных с устранением технических неисправностей были отмечены незначительные поломки, связанные с разрывом некачественного сварного шва на стойке лемешно-подрезающего органа. В результате чего коэффициент надежности технологического процесса был снижен до 0,98 (по ТЗ этот показатель должен быть не менее 0,98).

Снижение коэффициента использования эксплуатационного времени до 0,78, в основном было связано со временем, затраченным на холостые переезды агрегата и его техническое обслуживание. В процессе работы экспериментального орудия были отмечены незначительные забивания стоек плоскорежущих лап сорняками, которые периодически очищались на краях поля при разворотах агрегата.

#### **Заключение:**

Многочисленные исследования показывают, что применяемые в производстве почвообрабатывающие орудия, не отвечают основным требованиям в плане защиты почв от водной и технологической эрозии, что приводит к значительной потере водных и почвенных ресурсов на склоновых землях.

С целью снижения эрозионных процессов, разработанное почвообрабатывающее орудие одновременно с основной обработкой почвы создает на поверхности пашни противоэрозионный микрорельеф, из почвенно-стерневой смеси, сформированный поперек господствующего склона.

По основным агротехническим и эксплуатационно-технологическим показателям почвообрабатывающее орудие соответствует требованиям технического задания. Производительность данного орудия агрегатируемого трактором МТЗ1523 в производственных условиях на зяблевой обработке составила 2,8 га/ч, расход топлива 8,1 кг/га

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шабает А.И. Адаптивно-экологические системы земледелия в агроландшафтах Поволжья. ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». Саратов, 2003, 284 с.
2. Шабает А.И. Почвозащитное земледелие: Опыт, проблемы. Саратов: Приволж. кн. изд-во, 1985, 96 с.
3. Макарова М.С., Зацаринный В.А. Перемещение пласта почвы при вспашке склоновых полей // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2008. №8. С. 16–18.
4. Рахимов З.С. Механическая эрозия почвы на склонах // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2005. №5. С. 37–38.
5. Соколов Н.М., Стрельцов С.Б., Худяков В.В., Покусаев П.А. Результаты испытаний орудия для мелкой обработки почвы на склоновых землях // Нива Поволжья. 2023. №2. 3002 с.

## REFERENCES

1. Shabaev A.I. Adaptive-ecological systems of agriculture in agroland-shafts of the Volga region. FGOU VPO "Saratov GAU". Saratov, 2003, 284 p.
2. Shabaev A.I. Soil protection agriculture: Experience, problems. Saratov: Privolzh. kn. publishing house, 1985, 96 p.
3. Makarova M.S., Zatsarinny V.A. Movement of the soil layer during plowing of slope fields. Mechanization and electrification of Agriculture, 2008, No. 8. pp. 16–18.
4. Rakhimov Z.S. Mechanical soil erosion on slopes. Tractors and agricultural machines, 2005, No. 5, pp. 37–38.
5. Sokolov N.M., Streltsov S.B., Khudyakov V.V., Pokusaev P.A. Test results of tools for shallow tillage on sloping lands. Niva Volga region, 2023, No. 2, 3002 p.

Научная статья

УДК 631.361.025/028

## **ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИЙ И РЕГУЛИРОВОК УДЛИНИТЕЛЕЙ ВЕРХНИХ РЕШЁТ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ**

*А.С. Старцев, К.В. Иксанов*

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

**Аннотация:** представлены конструкции удлинителей верхних решёт систем очисток зерноуборочных комбайнов, как отечественных, так и зарубежных образцов. Рассмотрены технологические регулировки – изменение зазоров между гребёнками жалюзи и угла наклона относительно плоскости верхнего решета. Приведены пояснения особенностей регулировок. На основании проведённого анализа составлена классификация.

**Ключевые слова:** удлинитель верхнего решета, конструкция, система очистки, секция, пластинчатые жалюзи, лепестковые жалюзи, зазоры, комбайны, угол поворота относительно плоскости верхнего решета.

Original article

## **FEATURES OF DESIGNS AND ADJUSTMENTS OF EXTENSION CORDS UPPER SIEVES OF COMBINE HARVESTERS**

*A.S. Startsev, K.V. Iksanov*

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

**Annotation:** the designs of extensions of the upper sieves of cleaning systems of combine harvesters, both domestic and foreign samples, are presented. Technological adjustments are considered – changing the gaps between the louver combs and the angle of inclination relative to the plane of the upper sieve. Explanations of the features of the adjustments are given. Based on the analysis, a classification has been compiled.

**Keywords:** extension of the upper sieve, construction, cleaning system, section, plate blinds, petal blinds, gaps, combines, angle of rotation relative to the plane of the upper sieve.

## Введение:

Функциональное назначение удлинителей верхних решёт систем очисток зерноуборочных комбайнов заключается в выделении и перемещении необмолоченных колосьев, не прошедших верхнее решето в колосовой шнек для повторного обмолота (рис. 1) [3]. Также удлинитель, как и верхнее решето, распределяет ворох, задерживая сорные примеси, и не допуская в колосовой шнек большого количества лёгких сорных примесей (полова, сбоина). Значительно количество лёгких сорных примесей в колосовом шнеке указывает на то, что удлинителю не хватает воздушного потока. В этом случае рекомендуется поднять отражательный щиток.

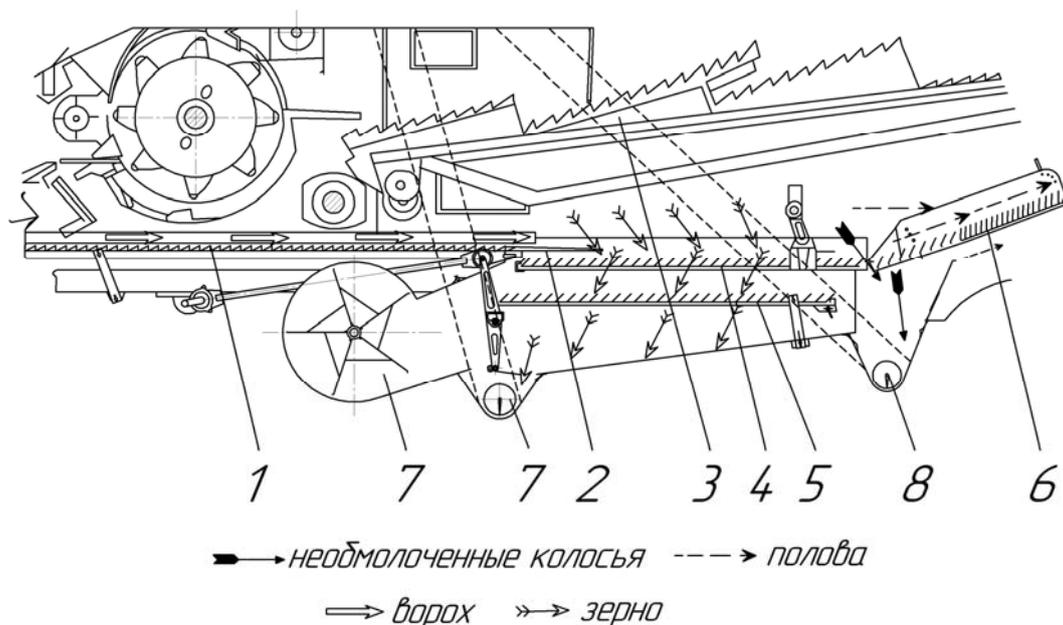


Рисунок 1. Схема ветро-решётной очистки зерноуборочного комбайна с удлинителем, регулируемым по углу наклона к плоскости верхнего решета (вариант комбайна с копнителем «Дон-1500»): 1 – транспортная доска; 2 – пальцевая гребёнка; 3 – клавиши соломотряса; 4 – верхний решётный стан; 5 – нижний решётный стан; 6 – удлинитель верхнего решета; 7 – зерновой шнек; 8 – колосовой шнек

## Методика исследований:

Удлинитель выполнен в виде отдельного решета, состоящего из рамки. Посредством деревянных опор и планки на рамке крепятся оси продольных и поперечных жалюзи. При анализе удлинителей следует отметить изменение их

конструкций и технологических регулировок в процессах модернизации и оборудования зерноуборочных комбайнов измельчителем.

### **Результаты исследований:**

Так в конструкции системы очистки комбайна «Дон-1500А» удлинитель состоит из двух секций. Первая секция 2, сопряжённая с верхним решетом 1, представляет собой поперечные пластинчатые жалюзи с возможностью регулировки их угла поворота вокруг осей с изменением зазора между ними. Вторая секция удлинителя 3 состоит из продольных лепестковых жалюзи, также с возможностью регулировки зазора. Кроме того, удлинитель данной конструкции имеет возможность регулировки угла наклона относительно плоскости верхнего решета в двух положения – минимальном и максимальном (рис. 3). Параллельно плоскости верхнего решета удлинитель не устанавливается, как на более поздних модификациях «Дон-1500» – «А» выпуска 90-х годов, «Б» или «ACROS».

Регулировка угла наклона удлинителя относительно плоскости верхнего решета в конструкции системы очистки комбайна «Дон-1500А» обусловлена оборудованием комбайна копнителем.

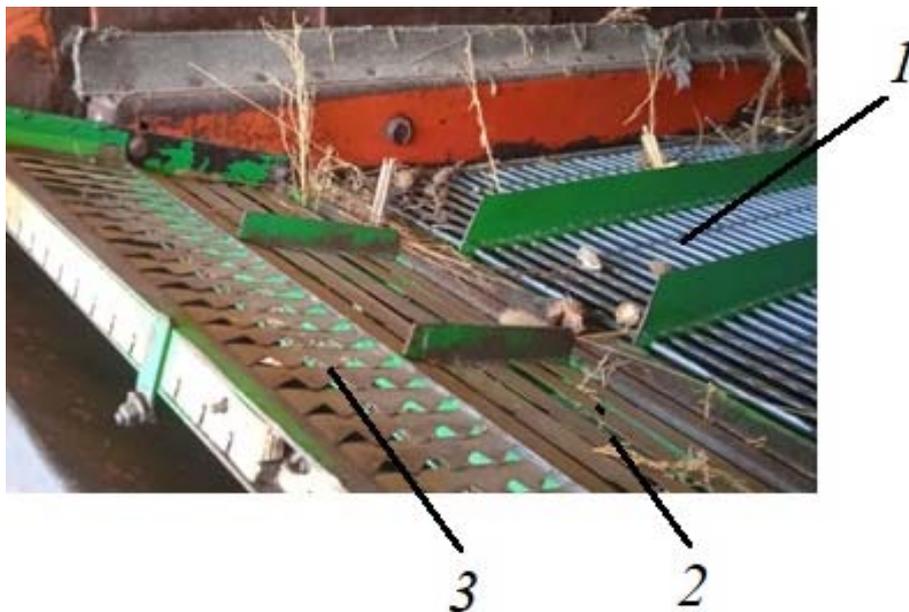


Рисунок 2. Удлинитель верхнего решета комбайна «Дон-1500А» 80-х годов выпуска: 1 – верхнее решето, 2 – секция с поперечными пластинчатыми жалюзи, 3 – секция с продольными лепестковыми жалюзи



Рисунок 3. Технологические отверстия для регулировки угла наклона удлинителя относительно плоскости верхнего решета комбайна «Дон-1500А» 80-хх годов выпуска

Модификации комбайнов «Дон-1500А» 90-хх годов выпуска (рис. 4), когда комбайны стали оборудовать измельчителем, оснащены односекционным удлинителем с поперечно-лепестковыми жалюзи, по длине равной двум секциям. В удлинителе предусмотрена регулировка только зазоров жалюзи. На рисунке видно отсутствие регулировки по углу наклона удлинителя относительно плоскости верхнего решета, что переводит удлинитель в разряд обычного дополнительного решета.



Рисунок 5. Верхнее решето и удлинитель комбайна «Дон-1500А» 90-хх годов выпуска

Подобной конструкцией удлинителя оборудуют и системы очистки зерноуборочных комбайнов КЗС-10, КЗС-1218 «Палесье». Это можно объяснить тем, что в конечной части верхнего решета, граничащей с удлинителем скорость воздушного потока существенно ниже, чем в его начале, и составляет 3 м/с [4, 6]. Поэтому в некоторых случаях, в виду забивания места перехода верхнего решета к удлинителю, угловое положение последнего не нужно.



Рисунок 5. Верхнее решето с удлинителем комбайнов КЗС-10 и КЗС-1218

Среди систем очисток зарубежных комбайнов – «John Deere» (удлинитель АН218191) серии S, «New holland», «Case», «Claas» [1, 5, 11, 12, 13, 16]. Следует отметить, что в современных модификациях комбайнов, оборудованные барабаном-сепаратором, молотильный аппарат перебивает хлебную массу и на верхнее решето поступает ворох со значительным содержанием сорных примесей. В этом случае целесообразно совершенствовать систему очистки комбайна за счёт увеличения площади решёт или удлинителя.

Конструкция удлинителя системы очистки комбайнов «Дон-1500Б» [8], модификаций ACROS устанавливают двухсекционные удлинители с

поперечными пластинчатыми и лепестковыми жалюзи (рис. 6). Подобная конструкция встречается и у некоторых комбайнов «John Deere».



Рисунок 6. Удлинитель верхнего решета комбайна «Дон-1550Б» и модификаций ACROS

В данных конструкциях, также предусмотрена только регулировка зазоров между пластинчатыми и лепестковыми гребёнками. По углу наклона удлинитель не регулируется [2].

В ранних модификациях комбайнов «Нива» СК-5-М-1 предусмотрен односекционный удлинитель, состоящий из поперечных пластинчатых гребёнок (рис. 7). Конструкция позволяет осуществлять регулировку как зазоров между жалюзи, так и угла наклона удлинителя [7, 9].



Рисунок 7. Удлинитель верхнего решета 44Б-2-12-4А комбайна «Нива» СК-5-М-1

В поздних модификациях «Нива», а также в конструкциях систем очисток «Енисей-1200», «Енисей-950» (КДМ 2-12-4А) устанавливают также односекционные удлинители, но с лепестковыми поперечными жалюзи (рис. 8) [10, 14].

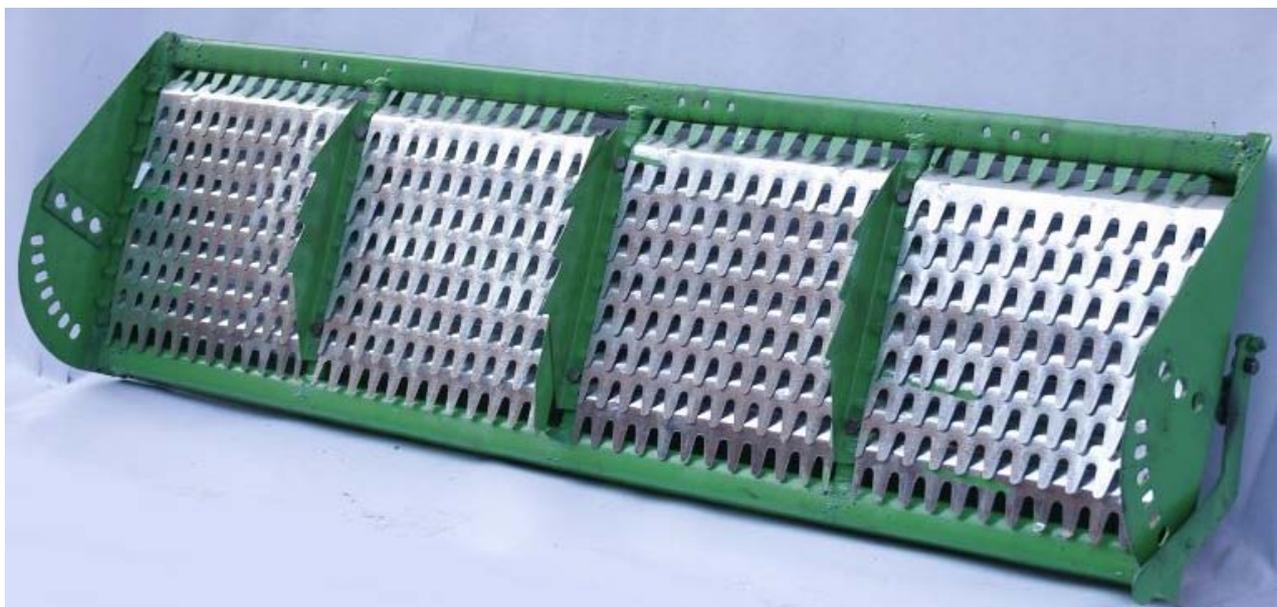


Рисунок 8. Удлинитель верхнего решета комбайна «Енисей-1200» (КДМ 2-12-4А)

В отличие от зарубежных систем очисток, в конструкции предусмотрена регулировка как зазоров между лепестковыми жалюзи, так и по углу наклона [15]. Известно, что при малом угле наклона удлинителя облегчается работа колосового шнека и элеватора, так как в этом случае зерновой ворох движется по гребёнкам удлинителя быстро при небольшой толщине слоя. Однако при этом зерно, и особенно колосья могут не успеть выделиться и уйти в полову.

Кроме того, получили распространение удлинители с УВР-гребёнкой (универсальное высокопроизводительное решето) (рис. 9), отличие которых заключается в форме лепестка и наличием дополнительного язычков по краям лепестка с внутренней стороны для направления воздушного потока.



Рисунок 9. Удлинитель верхнего решета с УВР-гребёнкой

**Заключение:**

Вышеизложенный обзор конструкций удлинителей верхних решёт систем очистки позволяет составить классификацию, основанную на различных признаках: по конструкции, по количеству секций, по форме лепестков жалюзиных гребёнок, с возможностью регулировки к верхнему решету.

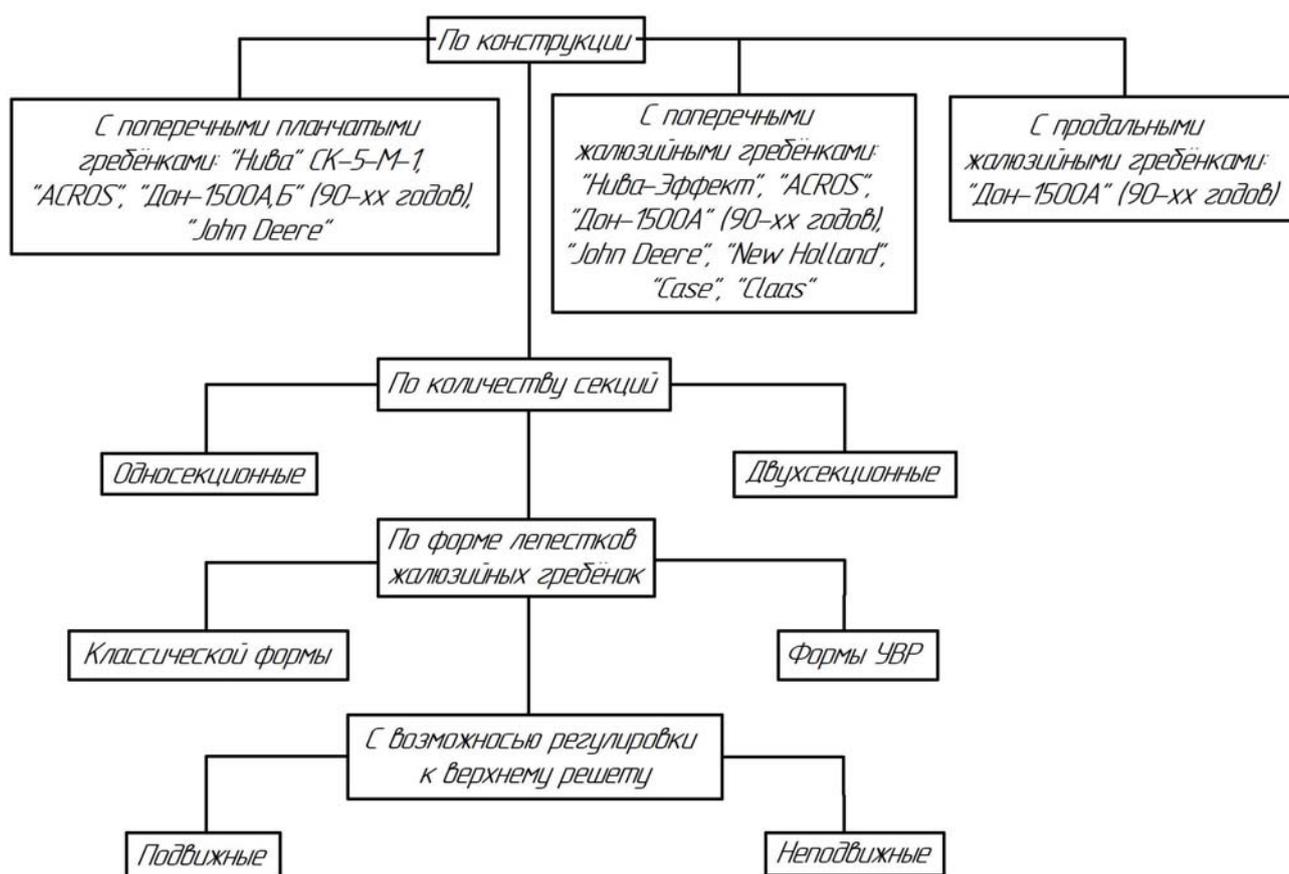


Рисунок 10. Классификация удлинителей верхних решёт систем очистки зерноуборочных комбайнов

На основе проведённого анализа можно сделать вывод, что в большинстве конструкций современных зерноуборочных регулировка угла наклона удлинителя относительно плоскости верхнего решета исключена [15].

Причиной является оборудование комбайна измельчителем соломы. В зарубежных системах очистки используются односекционные удлинители с поперечными лепестковыми жалюзи, являющиеся продолжением верхнего решета. Исключение составляют некоторые модификации «John Deere», в которых имеется дополнительная секция с поперечными пластинчатыми гребёнками.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. АН218191 Удлинитель верхнего решета «John Deere». Интернет-магазин сельхоззапчастей из Европы [Электронный ресурс] : Агро Парте 34. Режим доступа : [https://agroparts34.ru/catalog/john\\_deere/ah218191\\_udlinitel\\_verkh\\_resheta\\_john\\_deere/](https://agroparts34.ru/catalog/john_deere/ah218191_udlinitel_verkh_resheta_john_deere/).

2. Глушков И.Н. Особенности уборки зерновых культур с использованием современной агротехники / И.Н. Глушков, Н.В. Бабеньшева, В.В. Лемешкина, А.С. Шарова // В сборнике: Инновационные технологии в агропромышленном комплексе – сегодня и завтра. Сборник научных статей 7-ой международной научно-практической конференции. Министерство промышленности РБ, Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш», Национальная академия наук РБ, Государственный комитет по науке и технологиям РБ, Министерство образования РБ. – 2023. – С. 85–89.

3. Кулагин С.Н. Экспериментальное исследование работы воздушно-решетной очистки зерноуборочного комбайна / С.Н. Кулагин, А.П. Ловчиков // Известия Международной академии аграрного образования. 2024. – № 71. – С. 32–36.

4. Ловчиков А.П. Обоснование разработки комбинации решет системы очистки зерноуборочного комбайна / А.П. Ловчиков, С.Н. Кулагин // В сборнике совершенствование инженерно-технического обеспечения производственных процессов и технологических систем. Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием. Оренбургский государственный аграрный университет. 2023. – С. 152–153.

5. Никитин В.В. Совершенствование технологической схемы зерноуборочного комбайна и параметров его рабочих органов : дисс. ... д-ра техн. наук: 05.20.01 / В.В. Никитин. – Воронеж, 23.09.2021. – 350 с.

6. Патент 220757 Российская Федерация, МПК А01F 12/44, А01D 41/12. Устройство воздушно-решетной очистки зернового вороха зерноуборочного комбайна / Ловчиков А.П., Кулагин С.Н. – № 2023111664 ; заявл. 03.05.2023 ; опубл. 03.10.2023, Бюл. №28. – 6 с.

7. РСМ 44Б-2-12-4А Удлинитель грохота (Нива) «Ростсельмаш» [Электронный ресурс] : Maiso.ru. Режим доступа : <https://maiso.ru/salqsk/1028970-rsm-44b-2-12-4a-udlinitelq-grohota-nivaampquotrostselselmashampquot-original>.

8. Удлинитель грохота (Дон-1500Б). Агротехснабтех [Электронный ресурс] : Запасные части к комбайнам. Запасные части к комбайну Дон-1500А, Б. Режим доступа : <https://www.agrosnabtech.ru/udlinitel-grohota-don-1500b.html>.

9. Удлинитель верхнего решета 44Б-2-12-4А. АгроЛавка [Электронный ресурс] : Запчасти. Запчасти для комбайнов. Режим доступа : [https://agrolavka.ru/index.php/katalog/product/25470-udlinitel-verkhnego-resheta-44b-2-12-4a/category\\_pathway-16](https://agrolavka.ru/index.php/katalog/product/25470-udlinitel-verkhnego-resheta-44b-2-12-4a/category_pathway-16).

10. Удлинитель грохота КДМ 2-12-4А. Краскомбайнзапчасть [Электронный ресурс] : Енисей-1200/950. Режим доступа : <https://krs-zap.ru/catalog/enisej-1200950/udlinitel-grohota->.

11. Удлинитель решета New holland. Комбайн Агро [Электронный ресурс] : Решета. Режим доступа : <https://kombainagro.ru/udlinitel-resheta-new-holland-84084941>.

12. Удлинитель кукурузного решета Case (Кейс) 87109821. Комбайн Агро [Электронный ресурс] : Решета. Режим доступа : <https://kombainagro.ru/udlinitel-resheta-case-87109821>.

13. Удлинитель решета Case IH 521 (Кейс 521). Сельхоздеталь [Электронный ресурс] : Решета. Удлинитель решета. Режим доступа : <https://selhozdetal.com/product/udlinitel-resheta-case-ih-521-kejs-521/>.

14. Чернышов А.В. Анализ различных очисток зерноуборочных комбайнов при уборке подсолнечника / А.В. Чернышов, В.И. Панин // В сборнике: Тенденции развития технических средств и технологий в АПК. Материалы международной научно-практической конференции. Воронеж, 2024. – С. 65–69.

15. Чернышов А.В. Обзор конструкций универсальных воздушно-решетных очисток зерноочистительных машин / А.В. Чернышов, С.К. Внуков, А.Е. Попов // В сборнике: Тенденции развития технических средств и технологий в АПК. Материалы международной научно-практической конференции. Под общей редакцией О.М. Костикова, А.В. Божко. Воронеж, 2021. – С. 83–89.

16. John Deere S Series Sieve. Precislon Farm Parts, Inc. [Электронный ресурс] : Extension Wishlists. Режим доступа : <https://www.pfparts.com/product/s-series-sieve-extension/>.

## REFERENCES

1. AN218191 Extension of the upper sieve "John Deere". Online store of agricultural parts from Europe [Electronic resource] : Agro Parts 34. Access mode : [https://agroparts34.ru/catalog/john\\_deere/ah218191\\_udlnitel\\_verkh\\_reshta\\_john\\_deere/](https://agroparts34.ru/catalog/john_deere/ah218191_udlnitel_verkh_reshta_john_deere/).

2. Glushkov I.N. Features of harvesting grain crops using modern agricultural technology / I.N. Glushkov, N.V. Babenysheva, V.V. Lemeshkina, A.S. Sharova // In the collection: Innovative technologies in the agro–industrial complex – today and tomorrow. Collection of scientific articles of the 7th International Scientific and practical conference. Ministry of Industry of the Republic of Belarus, Scientific and Technical Center of Combine Engineering of JSC Gomselmash, National Academy of Sciences of the Republic of Belarus, State Committee for Science and Technology of the Republic of Belarus, Ministry of Education of the Republic of Belarus. - 2023. – pp. 85–89.

3. Kulagin S.N. Experimental study of the work of air-sieve cleaning of a combine harvester / S.N. Kulagin, A.P. Lovchikov // Proceedings of the International Academy of Agrarian Education. 2024. – No. 71. – pp. 32–36.

4. Lovchikov A.P. Justification for the development of a combination of sieves of a combine harvester cleaning system / A.P. Lovchikov, S.N. Kulagin // In the collection, the improvement of engineering and technical support of production processes and technological systems. Materials of the national scientific and practical conference with international participation. Orenburg State Agrarian University. 2023. – pp. 152–153.

5. Nikitin V.V. Improving the technological scheme of a combine harvester and the parameters of its working bodies : diss. ... Doctor of Technical Sciences: 05.20.01 / V.V. Nikitin. – Voronezh, 09/23/2021. – 350 p.

6. Patent 220757 Russian Federation, IPC A01F 12/44, A01D 41/12. The device of air-sieve cleaning of a grain pile of a combine harvester / Lovchikov A.P., Kulagin S.N. – No. 2023111664 ; application 03.05.2023 ; publ. 03.10.2023, Bul. No.28. – 6 p.

7. RSM 44B-2-12- 4A Extension screen (Niva) "Rostselmash" [Electronic resource] : Maiso.ru . Access mode : <https://maiso.ru/salqsk/1028970-rsm-44b-2-12-4a-udlinitelq-grohota-nivaampquotrostselselq mashampquot-original>.

8. Screen extension (Don-1500B). Agrotechnicsnabtech [Electronic resource] : Spare parts for combines. Spare parts for the Don-1500A combine harvester, B. Access mode : <https://www.agrosnabtech.ru/udlinitel-grohota-don-1500b.html>.

9. Extension of the upper sieve 44B-2-12- 4A. AgroLavka [Electronic resource] : Spare parts. Spare parts for combines. Access mode : [https://agrolavka.ru/index.php/katalog/product/25470-udlinitel-verkhnego-resheta-44b-2-12-4a/category\\_pathway-16](https://agrolavka.ru/index.php/katalog/product/25470-udlinitel-verkhnego-resheta-44b-2-12-4a/category_pathway-16).

10. KDM 2-12-4A screen extension. Kraskombaynzapchast [Electronic resource] : Yenisei-1200/950. Access mode : <https://krs-zap.ru/catalog/enisej-1200950/udlinitel-groxota->.

11. New holland sieve extension. Combine Agro [Electronic resource] : Sieve. Access mode : <https://kombainagro.ru/udlinitel-resheta-new-holland-84084941> 12. Corn sieve extension Case (Case) 87109821. Combine Agro [Electronic resource] : Sieve. Access mode : <https://kombainagro.ru/udlinitel-resheta-case-87109821>.

12. Corn sieve extension Case (Case) 87109821. Combine Agro [Electronic resource] : Sieve. Access mode : <https://kombainagro.ru/udlinitel-resheta-case-87109821>.

13. The extension of the sieve Case IH 521 (Case 521). Selhozdetal [Electronic resource] : Sieves. The extension of the sieve. Access mode : <https://selhozdetal.com/product/udlinitel-resheta-case-ih-521-kejs-521/>.

14. Chernyshov A.V. Analysis of various cleaning of combine harvesters during sunflower harvesting / A.V. Chernyshov, V.I. Panin // In the collection: Trends in the development of technical means and technologies in the agro-industrial complex. Materials of the international scientific and practical conference. Voronezh, 2024. – pp. 65-69.

15. Chernyshov A.V. Review of the designs of universal air-sieve cleaners of grain cleaning machines / A.V. Chernyshov, S.K. Vnukov, A.E. Popov // In the collection: Trends in the development of technical means and technologies in agriculture. Materials of the international scientific and practical conference. Under the general editorship of O.M. Kostikov, A.V. Bozhko. Voronezh, 2021. – pp. 83–89.

16. John Deere S Series Sieve. Precislon Farm Parts, Inc. [Электронный ресурс] : Extension Wishlists. Режим доступа : <https://www.pfparts.com/product/s-series-sieve-extension/>.

Научная статья

УДК 631.361.025/028

## ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ РАЗМЕРЫ ГРЕБЁНОК РЕШЁТ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

*А.С. Старцев, К.В. Иксанов, С.В. Ершов*

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

**Аннотация:** рассмотрены геометрические размеры гребёнок верхних и нижних решёт систем очисток зерноуборочных комбайнов как отечественных, так и зарубежных конструкций, а также размеры УВР-гребёнки. Представлены результаты замеров высоты и ширины лепестков, впадин, расстояний между центрами вершин и впадин лепестков, ширины гребёнки. Проведён сравнительный анализ формы лепестков гребёнок.

**Ключевые слова:** гребёнка, размеры, высота лепестка, ширина, расстояние между центрами вершин, расстояние между центрами впадин, форма лепестка, отличия.

Original article

## GEOMETRIC DIMENSIONS OF THE COMBS CLEANING SYSTEM SIEVES COMBINE HARVESTERS

*A.S. Startsev, K.V. Iksanov, S.V. Ershov*

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

**Abstract:** the geometric dimensions of the combs of the upper and lower sieves of the cleaning systems of combine harvesters of both domestic and foreign designs, as well as the dimensions of the UVR-comb are considered. The results of measurements of the height and width of the petals, depressions, distances between the centers of the vertices and depressions of the petals, and the width of the comb are presented. A comparative analysis of the shape of the comb petals was carried out.

**Keywords:** comb, dimensions, petal height, width, distance between the centers of vertices, distance between the centers of depressions, petal shape, differences.

## **Введение:**

Конструкции верхних, нижних решёт, а также удлинителей верхних решёт систем очисток зерноуборочных комбайнов выполнены в виде лепестковых гребёнок, расположенных параллельно друг другу с возможностью изменения зазоров между ними – технологических регулировок. Форма лепестков в конструкциях решёт обусловлена их универсальностью к сепарации зернового вороха различных сельскохозяйственных культур, имеющих существенные отличия в размерах и массе [2].

## **Методика исследований:**

Общий принцип универсальности в конструкциях решёт систем очисток как отечественных, так и зарубежных комбайнов, ориентирован на одинаковые или близкие размеры лепестков гребёнок [4].

## **Результаты исследований:**

Рассмотрим размеры лепестков комбайнов разных марок. Отечественные конструкции верхних решёт имеют высоту лепестка равную 22 мм, которую измеряли от впадины гребёнки до конечной точки лепестка (рис. 1). Ширина лепестка от центра его вертикали колебалась в пределах от 11 до 12 мм. Расстояние между центрами впадин – 24 мм. Этот размер равен и расстоянию между центрами вершин лепестка.

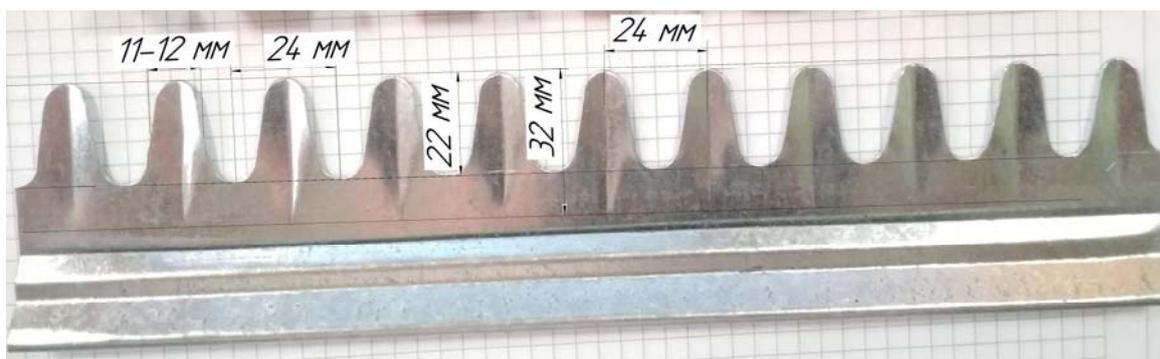


Рисунок 1. Фрагмент гребёнки верхнего жалюзийного решета отечественных комбайнов

Технологический процесс сепарации предусматривает выпуклость лепестка, которая характеризуется ребром, проходящим по его центру [5]. Расстояние от начала ребра до вершины лепестка равно 32 мм.

Гребёнка верхнего решета, представленная на рисунке 2, используется в конструкциях систем очистки как отечественных, так и зарубежных комбайнов.

Её характеризует отсутствие выраженного ребра, проходящего по центру лепестка. Вместо этого значительная часть лепестка имеет выпуклую форму длиной 40-41 мм. Расстояние между центрами вершин лепестка менее на 2 мм, чем на рис. 1 – 24 мм. Это различие можно считать несущественным. Такое же расстояние и между впадинами соседних лепестков – 22 мм. Ширина гребёнки составила 54 мм.

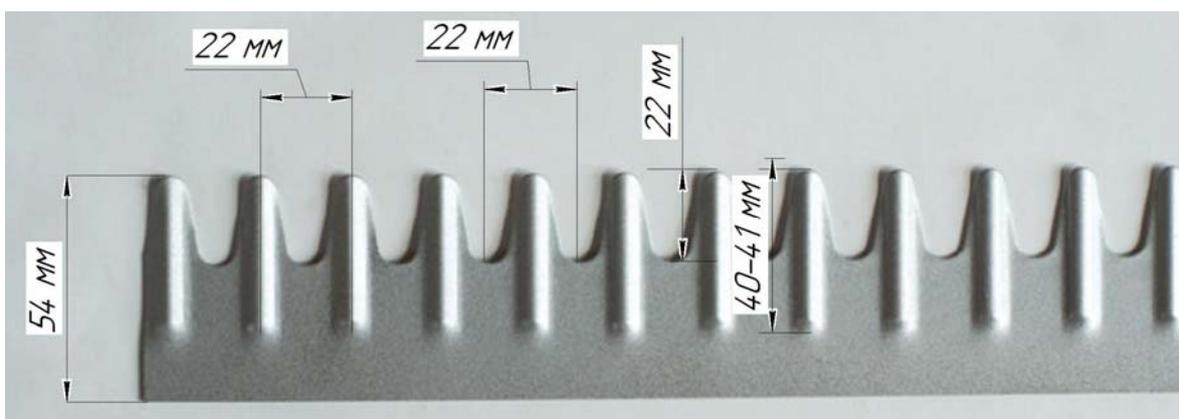


Рисунок 2. Фрагмент гребёнки верхнего жалюзийного решета с выпуклым лепестком отечественных и зарубежных комбайнов

Рассмотрим конструкцию гребёнки верхнего решета, используемую в системах очистки комбайнов Case IH 8010 Axial Flow. Представленная конструкция характеризуется фасонным профилем гребёнки.



Рисунок 3. Фрагмент гребёнки верхнего решета системы очистки комбайна Case IH 8010 Axial Flow

Как показывают замеры, высота лепестка у фасонной гребёнки имеет такой же размер, как и у предыдущих конструкций – 22 мм. Так же, как и расстояние между центрами впадин и вершинами лепестков – 22 мм. Ширина лепестка с его центра составила 11 мм, ширина гребёнки 55 мм. Отличительной особенностью подобных гребёнок является выпуклость лепестка по всей ширине гребёнки, и между ними с тыльной стороны.

Рассмотрим фрагмент нижней гребёнки решета, которая согласно технологии сепарации, имеет меньший размер в сравнении с образцом верхнего решета.

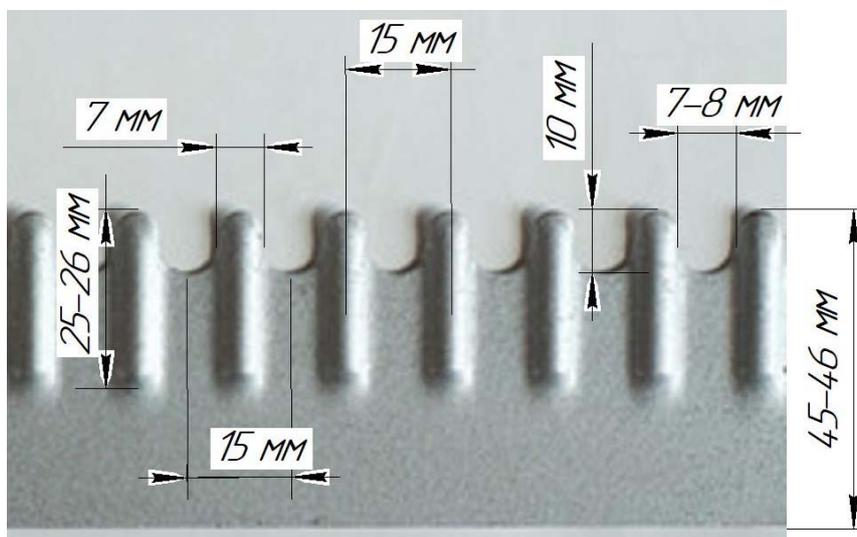


Рисунок 4. Фрагмент гребёнки нижнего жалюзийного решета с выпуклым лепестком отечественных и зарубежных комбайнов

Замеры показывают, что высота лепестка от впадины составляет 10 мм, а его ширина, как и в предыдущих случаях совпадает с шириной впадины –  $7 \approx 7-8$  мм. Ширина гребёнки аналогичного размера у верхнего решета больше и составляет 54 мм (см. рис. 2). У нижнего – 45–46 мм. Расстояние между центрами вершин лепестков такое же, как и у впадин – 15 мм.

Для сопоставления размерных характеристик рассмотрим гребёнку нижнего решета фасонного типа, используемого в системе очистки комбайна Case IH 8010 Axial Flow.

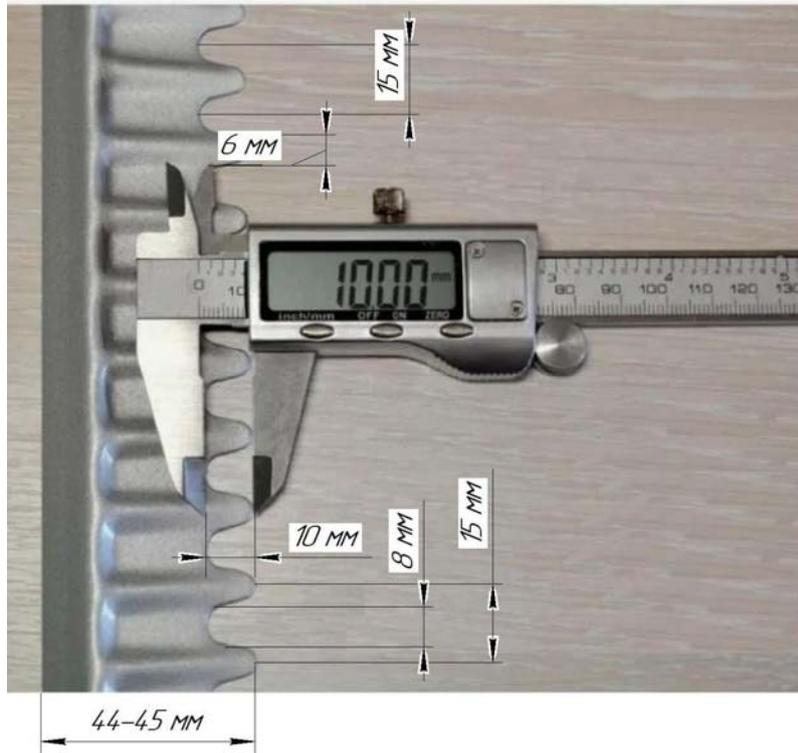


Рисунок 5. Фрагмент гребёнки нижнего решета системы очистки комбайна Case IH 8010 Axial Flow

Как показывают замеры, нижние решёта систем очисток различных зерноуборочных комбайнов не имеют существенных отличий в размерах и форме лепестков. Вследствие чего, очевидно, что технологический процесс сепарации протекает одинаково. У гребёнки Case IH 8010 Axial Flow наблюдается, что ширина впадины равна 8 мм, что на 2 мм больше, чем ширина лепестка – 6 мм. Расстояние же между центрами вершин лепестков и впадин одинаково и составляет 15 мм, что соответствует размерам, представленным на рисунке 4.

Изменение процесса сепарации достигается УВР-гребёнкой (УВР-универсальное высокопроизводительное решето), отличающейся от классических гребёнок наличием язычков-каналов для концентрации воздушного потока и различием формы гребёнки. Рассмотрим геометрию УВР-гребёнки (рис. 6).

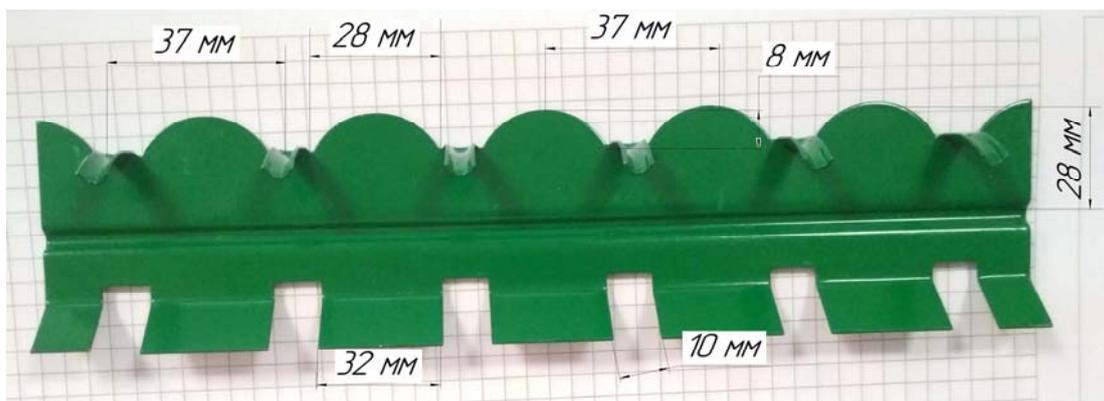


Рисунок 6. Фрагмент УВР-гребёнки

### **Заключение:**

Замеры показывают не только существенное различие в размерах, но и в форме лепестка. В данном случае ширина лепестка составляет 28 мм, его высота 10 мм, расстояние между центрами язычков, как и между центрами вершин лепестков – 37 мм.

С учётом снижения скорости воздушного потока по мере его удаления от начала решета к его концу, можно предположить, что эффективность сепарации снижается [1]. В большинстве случаев требуется концентрация воздушного потока, что достигается каналами вогнутой формы, расположенными между лепестками [3]. Однако в этом случае требуется постоянный мониторинг комбайнёра системы очистки. Каналы могут забиваться колосьями, снижая пропускную способность решета.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Кулагин С.Н. Экспериментальное исследование работы воздушно-решетной очистки зерноуборочного комбайна / С.Н. Кулагин, А.П. Ловчиков // Известия Международной академии аграрного образования. 2024. – № 71. – С. 32–36.
2. Ловчиков А.П. Обоснование разработки комбинации решет системы очистки зерноуборочного комбайна / А.П. Ловчиков, С.Н. Кулагин // В сборнике

совершенствование инженерно-технического обеспечения производственных процессов и технологических систем. Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием. Оренбургский государственный аграрный университет. 2023. – С. 152–153.

3. Патент 220757 Российская Федерация, МПК А01F 12/44, А01D 41/12. Устройство воздушно-решетной очистки зернового вороха зерноуборочного комбайна / Ловчиков А.П., Кулагин С.Н. – № 2023111664 ; заявл. 03.05.2023 ; опубл. 03.10.2023, Бюл. №28. – 6 с.

4. Чернышов А.В. Анализ различных очисток зерноуборочных комбайнов при уборке подсолнечника / А.В. Чернышов, В.И. Панин // В сборнике: Тенденции развития технических средств и технологий в АПК. Материалы международной научно-практической конференции. Воронеж, 2024. – С. 65–69.

5. Чернышов А.В. Обзор конструкций универсальных воздушно-решетных очисток зерноочистительных машин / А.В. Чернышов, С.К. Внуков, А.Е. Попов // В сборнике: Тенденции развития технических средств и технологий в АПК. Материалы международной научно-практической конференции. Под общей редакцией О.М. Костикова, А.В. Божко. Воронеж, 2021. – С. 83–89.

## REFERENCES

1. Kulagin S.N. Experimental study of the work of air-sieve cleaning of a combine harvester / S.N. Kulagin, A.P. Lovchikov // Proceedings of the International Academy of Agrarian Education. 2024. – No. 71. – pp. 32–36.

2. Lovchikov A.P. Justification for the development of a combination of sieves of a combine harvester cleaning system / A.P. Lovchikov, S.N. Kulagin // In the collection, the improvement of engineering and technical support of production processes and technological systems. Materials of the national scientific and practical conference with international participation. Orenburg State Agrarian University. 2023. – pp. 152–153.

3. Patent 220757 Russian Federation, IPC A01F 12/44, A01D 41/12. The device of air-sieve cleaning of a grain pile of a combine harvester / Lovchikov A.P., Kulagin S.N. – No. 2023111664 ; application 03.05.2023 ; publ. 03.10.2023, Bul. No. 28. – 6 p.

4. Chernyshov A.V. Analysis of various cleaning of combine harvesters during sunflower harvesting / A.V. Chernyshov, V.I. Panin // In the collection: Trends in the development of technical means and technologies in the agro-industrial complex. Materials of the international scientific and practical conference. Voronezh, 2024. – pp. 65–69.

5. Chernyshov A.V. Review of the designs of universal air-sieve cleaners of grain cleaning machines / A.V. Chernyshov, S.K. Vnukov, A.E. Popov // In the collection: Trends in the development of technical means and technologies in agriculture. Materials of the international scientific and practical conference. Under the general editorship of O.M. Kostikov, A.V. Bozhko. Voronezh, 2021. – pp. 83–89.

Научная статья

УДК 630.228.7

## **АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СЕПАРИРУЮЩИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ МАШИН ДЛЯ УБОРКИ ЛУКОВИЧНЫХ КУЛЬТУР**

*Г.Е. Шардина, Д.С. Никишин*

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

**Аннотация:** рассмотрены рабочие органы для отделения почвенных и растительных примесей лукоуборочных машин. Это имеет значение применительно к вопросу разработки новых или модернизации существующих сепарирующих рабочих органов.

**Ключевые слова:** сепарация, почвенные примеси, растительные примеси, луковицы, корнеклубнеплоды.

Original article

## **ANALYTICAL REVIEW OF SEPARATING WORKING BODIES OF MACHINES FOR HARVESTING BULBOUS CROPS**

*G.E. Shardina, D.S. Nikishin*

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

**Abstract:** the working bodies for the separation of soil and plant impurities of onion harvesting machines are considered. This is important in relation to the issue of developing new or modernizing existing separating working bodies.

**Keywords:** separation, soil impurities, vegetable impurities, bulbs, root crops.

Львиную долю витаминов, минералов, белков и углеводов человек получает из овощей. Ежедневно в нашем рационе присутствуют свежие, консервированные, жареные, отварные или иным образом обработанные овощи.

Таким образом, овощеводство имеет стратегическое значение для продовольственной безопасности страны.

Производство репчатого лука как в целом по Российской Федерации, так и по отдельным регионам не полностью удовлетворяет потребность населения. Так, при рекомендуемой норме потребления 8...12 кг лука на человека в год, потребление составляет всего лишь 2,5...4,0 кг [1]. Низкий уровень обеспеченности населения объясняется многими причинами: большими трудовыми и материальными затратами, недостаточным уровнем механизации и концентрации производства.

Серийные лукоуборочные машины при уборке лука не выполняют основных качественных показателей, заданных агротехническими требованиями. Процесс отделения почвенных комков на сепарирующих органах, ввиду схожести их с убираемым продуктом протекает неудовлетворительно. В этой связи задача уменьшения количества почвенных примесей в убранной массе лука и улучшения его качественных показателей путем разработки и внедрения новых сепарирующих устройств для отделения почвы из вороха лука, является актуальной [2].

Процесс отделения различных инородных примесей от сельскохозяйственных материалов изучен в работах многих исследователей Н.Ф. Диденко, В.А. Хвостов, Э.С. Рейнгард, Н.П. Ларюшин.

Поступающий в машину ворох содержит кроме луковиц почвенные и растительные примеси. В зависимости от условий работы и типа машины содержание почвы в исходном ворохе может составлять от 20 до 58 %. Содержание растительных примесей (свободная ботва, сорняки) обычно не превышают 5 %, однако даже небольшое (2...4 %) количество их делает ворох непригодным ни для реализации, ни для хранения [3].

Размещение лука в рядке очень близко друг к другу позволяет отделять значительную часть примесей уже в процессе их извлечения из почвы. Поэтому,

сепарацию можно рассматривать как процесс, состоящий из двух последовательно выполняемых операций: отделение примесей во время извлечения лука из почвы и разделение луковичного вороха на сепарирующих поверхностях.

Такая же сепарация вороха производится и при уборке корнеклубнеплодов. Поэтому в машинах для уборки лука применяются, как правило, сепарирующие рабочие органы, по типу и параметрам, подобные аналогичным конструкциям машин, извлекающих корнеклубнеплоды терблением или подкапыванием.

На лукоуборочных машинах сепарация почвы и растительных примесей производится преимущественно на рабочих органах, разделяющих компоненты по геометрическим размерам, для которых разработана классификация, представленная ниже.

Наряду с положительными качествами большинство из приведенных рабочих органов имеет и существенные недостатки: наличие большого количества поверхностей трения, следствием чего является быстрое изнашивание трущихся в абразивной среде деталей и излишние затраты энергии на их привод; значительная металлоемкость, вызванная тем, что рабочая (используемая для сепарирования) поверхность составляет менее 40 % общей длины; залипание просветов при работе на почве влажностью более 24 %; зависимость коэффициента сепарации от влажности, твердости почвы и величины подачи; трудно уравниваемые возникающие инерционные силы нагрузки и ряд других.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод: широкое применение получили механические отделители, использующие в основе процесса – коэффициенты трения, скольжения и качения.

Эффективность конструкций сепарирующих рабочих органов лукопочвенного вороха определяется полнотой отделения примесей из вороха.

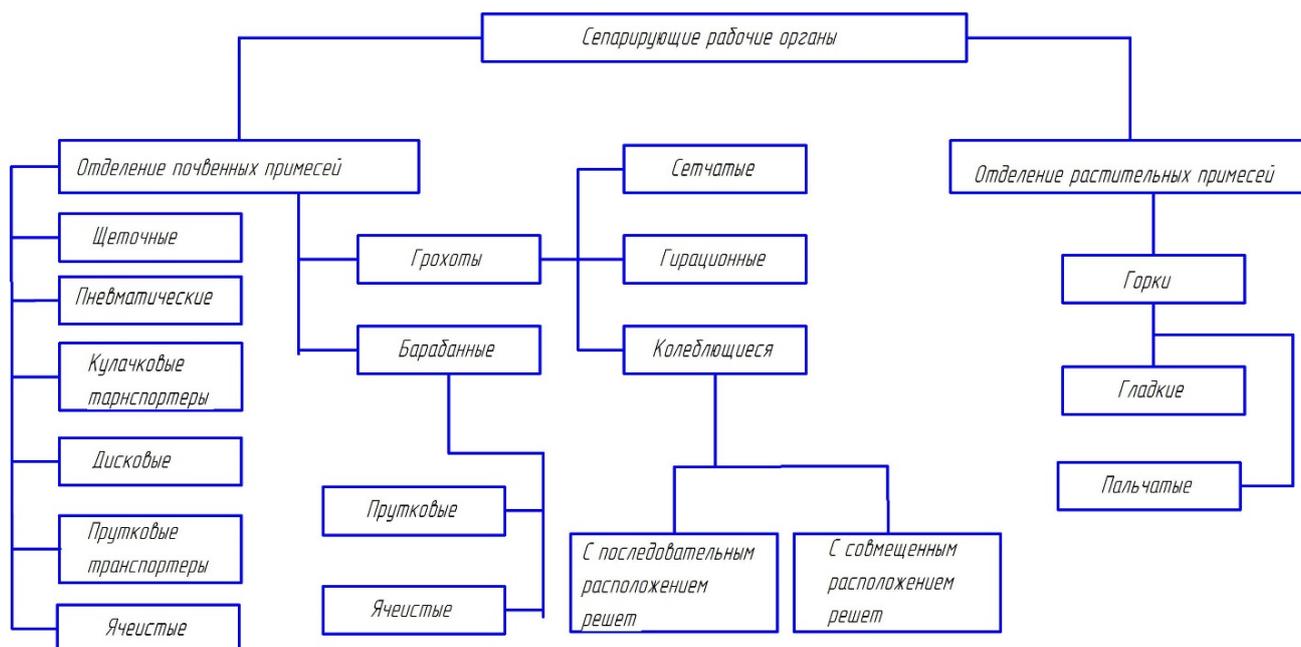


Рисунок. Классификация рабочих органов для сепарации вороха лука

Каждый отдельно взятый сорт лука и тип почвы имеют различные физико-механические свойства, которые необходимо учитывать при конструировании рабочих органов для отделения почвы и растительных примесей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Емелин Б.Н. Обзор рабочих органов для сепарации вороха лука // Совершенствование средств для механизации и мобильной энергетики в сельском хозяйстве. Сборник научных трудов / Б.Н. Емелин, А.А. Протасов, А.М. Ларюшин. – Рязань, РГСХА, 2000. – с. 55–57.
2. Ресурсосберегающая технология возделывания и уборки сельскохозяйственных культур: учебно-методическое пособие / А.С. Старцев, Г.Е. Шардина, Р.Р. Хакимзянов [и др.]. – Саратов: Изд-во ООО «Амирит», 2017. – 68 с.
3. Диденко Н.Ф. Машины для уборки овощей / Н.Ф. Диденко, В.А. Хвостов, В.П. Медведев – М.: Машиностроение, 1984. – 320 с.

## REFERENCES

1. Emelin B.N. Review of working bodies for separation of a pile of onions / Improving the means for mechanization and mobile energy in agriculture. Collection of scientific papers // B.N. Emelin, A.A. Protasov, A.M. Laryushin. – Ryazan, RGSFA, 2000. – pp. 55–57.
2. Resource-saving technology of cultivation and harvesting of agricultural crops: an educational and methodical manual / A.S. Startsev, G.E. Shardina, R.R. Khakimzyanov [et al.]. – Saratov: Publishing house of LLC «Amirit», 2017. – 68 p.
3. Didenko N.F. Machines for harvesting vegetables / N.F. Didenko, V.A. Khvostov, V.P. Medvedev. – M.: Mashinostroenie, 1984. – 320 p.

Научная статья

УДК 635.133

## **ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ СОШНИКА ЗЕРНОВОЙ СЕЯЛКИ**

*Г.Е. Шардина, А.А. Раточков*

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

**Аннотация:** рассмотрен вопрос посева зерновых культур с изменением площади питания семян применением сошников распределительного типа. Это имеет значение применительно к вопросу разработки новых или модернизации существующих рабочих органов зерновых сеялок.

**Ключевые слова:** лаповый сошник, сеялка-культиватор, резание со скольжением.

Original article

## **CHOOSING THE OPTIMAL VARIANT OF THE DESIGN SCHEME OF THE COULTER OF A GRAIN PLANTER**

*G.E. Shardina, A.A. Ratochkov*

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

**Abstract:** the issue of sowing grain crops with a change in the area of seed nutrition using distribution type coulters is considered. This is important in relation to the issue of developing new or upgrading existing working bodies of grain seeders.

**Keywords:** claw coulters, cultivator seeder, sliding cutting.

При широком применении ресурсосберегающих технологий посева зерновых культур, предпочтение следует отдавать посевным машинам, отвечающим местным агротехническим требованиям и выполняющим за один проход несколько технологических операций. Наиболее актуально этот вопрос стоит в засушливых эрозийноопасных районах страны, к которым относится и Саратовская область (так на почвах, подверженных ветровой и водной эрозии, ежегодный недобор сельскохозяйственной продукции составляет около 20 %) [1].

В настоящее время для подпочвенно-разбросного посева зерновых культур выпускаются сошники сеялок-культиваторов, в большинстве своём не соответствующие агротехническим требованиям. Применение их позволило выявить целый ряд недостатков, к которым относятся неудовлетворительная устойчивость хода сошников по глубине, недостаточное крошение почвы, малая равномерность распределения семян по площади посева и заданной глубине. Всё это ведёт к увеличению тягового сопротивления сошника и посевного агрегата в целом, а также к снижению урожайности зерновых культур. Повышение качества посева зерновых культур за счёт снижения тягового сопротивления сошников сеялки-культиватора и равномерное распределение семян по площади открываемой борозды на заданной глубине, является актуальной научно-технической задачей.

Анализ данных литературных источников и патентов показал, что, применяемые в настоящее время на зерновых сеялках сошники можно разделить на три группы: с тупым углом вхождения в почву; с прямым углом вхождения в почву; с острым углом вхождения в почву. К первой группе относятся одно-, двухдисковые сошники, килевидные простые и килевидные комбинированные сошники. Ко второй группе можно отнести трубчатые сошники. К третьей группе относятся анкерные и лаповые.

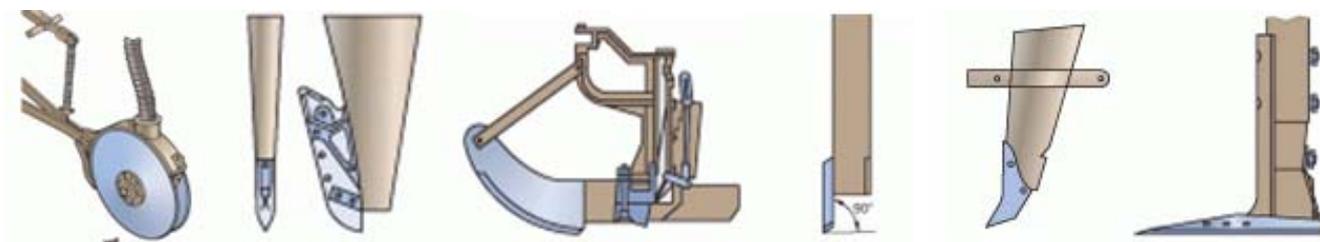


Рисунок 1. Слева направо: дисковый, килевидный с острым наральником, полозovidный, трубчатый, анкерный, лаповый

Процессы бороздообразования сошником с тупым углом вхождения в почву и с острым имеют существенные различия. Оба типа сошников образуют борозду, раздвигают почву в сторону, но сошник с острым углом вхождения

одновременно поднимает почву, а сошник с тупым углом вхождения вдавливают ее вниз. В результате дно и стенки борозды, образованные сошником с тупым углом вхождения, уплотняются. Сошник же с острым углом, сдвигая почву вперед и в стороны, образует борозду с рыхлыми неровными стенками, причем ее ширина по верху, больше ширины сошника. Неодинаковое образование борозды приводит к различию условий для заделывания семян в почву.

Чтобы привлечь влагу к семенам необходимо создать сеть капилляров, уплотняя для этого дно борозды. В значительной степени это осуществляется сошниками с тупым углом вхождения в почву и в меньшей – сошниками с острым углом. Дисковые сошники имеют тупой угол вхождения, но вследствие вращения, диски, погружаясь в почву, перемещают ее частицы вниз, а затем увлекают их вверх действием сил трения [2].

Анализ процесса работы лаповых сошников показал, что они перемещают почву вверх, вперед и в стороны, но при этом значительно уплотняют дно борозды, создавая тем самым благоприятные условия для роста семян и развития растений.

Для осуществления посева в виде неширокой полосы, где семена распределяются равномерно по площади питания, в настоящее время используют сошники, выполненные в виде закрытых стрелчатых лап, внутри которых устанавливаются различной конструкции распределители семян.

Уменьшение тягового сопротивления лаповых сошников зерновых сеялок и более устойчивого хода по глубине при работе на твердых стерневых фонах возможно, если на сошниках устанавливать дополнительные узлы, в виде черенкового ножа, для создания первичной борозды. Еще академик Василий Прохорович Горячкин проводил опыты по рубящему резанию и резанию со скольжением, где определил несомненное преимущество последнего. Благодаря установке ножей рубящее резание почвы стойкой сошника заменяется скользящим резанием [3].

Анализ литературных источников показал, что перед сошниками устанавливают различной формы щелеобразователи, по следу которых идет стойка лапового сошника. Их тоже можно разделить по значению угла

вхождения в почву на три группы: с тупым (дисковый, пластинчатый), с прямым (ножевидный) и с острым (прямолинейные, криволинейные и комбинированные) углами вхождения. Существующие конструкции таких рабочих органов не в полной мере обеспечивают качество работы сеялок, зачастую имеют повышенное тяговое сопротивление, что значительно увеличивает затраты на производство продукции и снижает урожайность. Наша задача повысить равномерность распределения семян по глубине хода сошника при использовании черенкового ножа с острым углом вхождения в почву.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ресурсосберегающая технология возделывания и уборки сельскохозяйственных культур: учебно-методическое пособие / А.С. Старцев, Г.Е. Шардина, Р.Р. Хакимзянов [и др.]. – Саратов: Изд-во ООО «Амирит», 2017. – 68 с.
2. Пыхтин А.В. Разработка схемы и обоснование конструктивных параметров комбинированного сошника сеялки прямого посева: Автореф. дисс. ...канд. техн. наук. – Оренбург, 2001. – 21с.
3. Горячкин В.П. Собрание сочинений. Том первый. Под редакцией профессора, д.с.-х.н. Н.Д. Лучинского. – М.: Колос, 1965. – 720 с.

### REFERENCES

1. Resource-saving technology of cultivation and harvesting of agricultural crops: an educational and methodological manual / A.S. Startsev, G.E. Shardina, R.R. Khakimzyanov [et al.]. – Saratov: Publishing house of LLC «Amirit», 2017. – 68 s.
2. Pykhtin A.V. Development of the scheme and justification of the design parameters of the combined coulter of a direct sowing planter: Abstract. diss. ...candidate of Technical Sciences. Orenburg, 2001. – 21 s.
3. Goryachkin V.P. Collected works. Volume one. Edited by Professor, Doctor of Agricultural Sciences N.D. Luchinsky. – M.: Kolos, 1965. – 720 s.

Научная статья

УДК 631.354.2

## **ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ ОПЕРАТОРОВ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ**

*Р.Б. Ширванов*

Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет,  
г. Уральск, Республика Казахстан

**Аннотация:** в настоящей статье анализируются результаты проведенной оценки опасных и вредных факторов производственной среды операторов автотракторной техники, устанавливается, что по уровням шума и вибрации, содержанию токсичных веществ, запыленности воздуха рабочей зоны, параметрам микроклимата большинство из них не отвечают предъявляемым требованиям безопасности, во многом превышая предельно допустимые уровни и концентрации. Делается вывод о своевременной разработке комплекса оперативных мероприятий, направленных на локализацию или устранение данных факторов.

**Ключевые слова:** автотракторная техника, вибрация, вредные вещества, микроклимат, запыленность, опасные и вредные производственные факторы, оператор, предельно допустимая концентрация, предельно допустимый уровень, шум.

Original article

## **FACTOR ANALYSIS OF THE PRODUCTION ENVIRONMENT OF AUTOMOTIVE EQUIPMENT OPERATORS**

*R.B. Shirvanov*

West Kazakhstan Innovation and Technological University,  
Uralsk, Kazakhstan

**Abstract:** this article analyzes the results of the assessment of hazardous and harmful factors of the production environment of operators of automotive equipment, it is established that in terms of noise and vibration levels, toxic substances, dust content of the working area air, microclimate parameters, most of them do not meet the safety requirements, largely exceeding the maximum permissible levels and concentrations. The conclusion is made about the timely development of a set of operational measures aimed at localization or elimination of these factors.

**Keywords:** automotive technology, vibration, harmful substances, microclimate, dust, dangerous and harmful production factors, operator, maximum permissible concentration, maximum permissible level, noise.

**Введение:**

Одной из основных причин травмирования и профессиональных заболеваний работников является наличие на рабочих местах и воздействие на

них опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ), которые в соответствии с принятой классификацией подразделяются на физические, химические, биологические и психофизиологические [1]. Причем уровень безопасности труда снижается прямо пропорционально степени превышения уровня ОВПФ над предельно допустимыми концентрациями (ПДК) и уровнями (ПДУ) вредных веществ. Эти проблемы характерны и для отраслей экономики Республики Казахстан, где по результатам проведенных обследований предприятий и организаций, в условиях воздействия ОВПФ на рабочих местах в 2023 году трудилось 410,3 тысячи человек. При этом в сельском хозяйстве в таких условиях в прошедшем году 4331 человек, из них на рабочих местах с воздействием повышенных уровней шума и вибрации 1041, повышенной запыленности и загазованности воздуха рабочей зоны, превышающей ПДУ – 1377, неблагоприятного температурного режима – 630 человек [2].

Так как большинство технологических и транспортных работ в сельском хозяйстве производятся с помощью автотракторной техники, все указанные негативные стороны, присущи и операторам, управляющими ими, специфические условия труда которых, а также неудовлетворительной техническое состояние и высокий износ машинно-тракторного и автомобильного парка определяют высокие риски травмирования и заболевания. В настоящее время износ сельскохозяйственной техники в Казахстане и по регионам составляет около 80 %. По данным Министерства сельского хозяйства республики средний возраст более 70 % зерноуборочных комбайнов и тракторов составляет 13–18 лет при нормативном сроке эксплуатации 8–10 лет, а списанию подлежат более 70 % зерноуборочных комбайнов и около 80 % тракторов [3]. По мнению многих авторов, травматизм среди операторов автотракторной техники примерно в 3 раза выше, чем в целом по отрасли сельского хозяйства [4, 5, 6].

С целью исключения рисков травмирования и заболевания операторов, повышения их работоспособности и производительности необходимо на постоянной основе улучшать условия и повышать безопасность их труда, одним из главных путей которого является своевременное выявление действующих ОВПФ, снижение их уровня до безопасного или полная локализация.

Целью проводимых исследований являлось оценка опасных и вредных производственных факторов, действующих на рабочих местах на операторов автотракторной техники. Исследования проводились на одном из сельскохозяйственных предприятий Западно-Казахстанской области, парк автотракторной техники которого был представлен тракторами, грузовыми автомобилями средней и большой грузоподъемности, автобусами и легковыми автомобилями.

#### **Методика исследований:**

Программа исследований была разработана в соответствии с известными методиками, изложенными в межгосударственных, государственных стандартах по безопасности труда и других нормативных документах [7–12].

Фактические измерения уровней ОВПФ на рабочих местах операторов МКМ проводились с использованием шумомера АТТ-9001, виброметра Вибротест-МГ4.01, газоанализатора КОЛИОН-1А, прибора контроля запыленности воздуха ПКА-01 и метеометра МЭС-200.

**Результаты исследований:**

Результаты исследований по оценке уровней шума, вибрации и концентрации пыли в кабинах автотракторной техники представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты оценки уровней шума, вибрации и концентрации пыли в кабинах автотракторной техники

№ п/п	Измеренные параметры	Тип автотракторной техники				
		Трактора	Грузовые автомобили (средней грузоподъемности)	Грузовые автомобили (большой грузоподъемности)	Автобусы	Легковые автомобили
<b>Оценка уровней шума</b>						
1	Измеренный уровень шума, дБ	116	109	113	97	85
2	ПДУ, дБ	80	80	80	80	80
3	Превышение над ПДУ	+36	+39	+33	+27	+5
<b>Оценка уровней вибрации</b>						
1	Измеренный уровень вибрации, дБ	119	117	112	78	67
2	ПДУ, дБ	80	80	80	80	80
3	Превышение над ПДУ	+39	+37	+32	-	-
<b>Оценка уровней концентрации пыли</b>						
1	Измеренный уровень концентрации пыли, мг/м <sup>3</sup>	3,2	1,1	1,2	1,1	0,7
2	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	2	2	2	2	2
3	Превышение над ПДК	+1,2	-	-	-	-

Как видно из представленных в таблице 1 данных, существенное превышение измеренных значений шума и вибрации над ПДУ отмечено на рабочих местах операторов тракторов и грузовых автомобилей средней и большой грузоподъемности, концентрации пыли – у всех видов тракторов.

Результаты оценки содержания токсичных веществ в кабинах автотракторной техники представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты оценки содержания токсичных веществ в кабинах автотракторной техники

Тип МКМ	Наименование определяемого вещества	Измеренная концентрация в воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>	ПДУ, мг/м <sup>3</sup>	Превышение над ПДУ, раз
Трактора	Оксид азота	7,12	2	3,56
	Диоксид азота	2,98	2	1,49
	Формальдегид	0,12	0,05	2,4
	Сернистый ангидрид	11,3	10	1,13
	Пары топлива	155,2	100	1,55
Грузовые (дизельные)	Оксид азота	3,17	2	1,585
	Диоксид азота	0,77	2	-
	Формальдегид	0,2	0,05	4
	Сернистый ангидрид	2,6	10	-
	Пары топлива	0,335	100	-
Автобусы	Оксид углерода	32,9	20	1,645
	Бензин	0,135	100	-
	Акролеин	0,11	0,03	3,7
	Толуол	0,486	50	-
	Ароматические летучие соединения	18,9	300	-
Легковые автомобили	Оксид углерода	0,48	20	-
	Бензин	0,116	100	-
	Толуол	1,445	50	-
	Ароматические летучие соединения	75	300	-

Анализируя данные, представленные в таблице 2, следует отметить, что наибольшее превышение концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны над ПДУ наблюдается у водителей грузовых автомобилей по оксиду азота и формальдегиду, у водителей автобусов по оксиду углерода и акролеину, у трактористов по всем исследуемым параметрам.

Результаты оценки параметров микроклимата кабин автотракторной техники различного типа приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты измерения параметров микроклимата на рабочих местах операторов автотракторной техники

Тип МКМ	Параметры микроклимата	Сезон года	Измеренное значение	Оптимальное значение	Отклонение
Тракторы	Температура воздуха, °С	Холодный	+2...+18	+18...+23	Имеется
		Теплый	+22...+36		Имеется
	Относительная влажность, %	Холодный	16-78	40–60	Имеется
		Теплый	20-86		Имеется
	Скорость движения воздуха, м/с	Холодный	0,45	до 0,2	Имеется
		Теплый	3,9		Имеется
Грузовые	Температура воздуха, °С	Холодный	+12...+24	+18...+23	Имеется
		Теплый	+18...+38,8		
	Относительная влажность, %	Холодный	16-78	40–60	Имеется
		Теплый	20-86		Имеется
	Скорость движения воздуха, м/с	Холодный	0,12	до 0,2	
		Теплый	5,5		Имеется
Автобусы	Температура воздуха, °С	Холодный	+15,1...+25,2	+18...+23	
		Теплый	+25,3...+27,7		Имеется
	Относительная влажность, %	Холодный	35–47	40–60	
		Теплый	34–72		
	Скорость движения воздуха, м/с	Холодный	0,002	до 0,2	
		Теплый	2,6		Имеется
Легковые автомобили	Температура воздуха, °С	Холодный	+22...+24	+18...+23	
		Теплый	+18...+35		Имеется
	Относительная влажность, %	Холодный	40–68	40-60	
		Теплый	38–48		
	Скорость движения воздуха, м/с	Холодный	0,004	до 0,2	
		Теплый	0,0		

Измеренные значения, представленные в таблице 3 показали, что отдельные кабины автотракторной техники, в особенности грузовых автомобилей и тракторов, не отвечают оптимальным параметрам микроклимата, что частично объясняется устаревшим парком техники предприятия.

#### **Заключение:**

Результаты проведенных исследований позволили сделать вывод о том, что условия работы операторов автотракторной техники в сельскохозяйственном предприятии не отвечают предъявляемым требованиям

безопасности труда, а уровень некоторых ОВПФ существенно превышает ПДУ и ПДК, в особенности по тракторам и грузовым автомобилям. В связи с этим требуется разработке комплекса оперативных мероприятий, направленных на локализацию или устранение данных факторов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 12.0.003-2015. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – URL: [https://t-lcv.ru/f/gost\\_120003-2015.pdf](https://t-lcv.ru/f/gost_120003-2015.pdf) (дата обращения: 14.05.2024).
2. Официальная статистика. Отраслевая статистика. Статистика сельского, лесного, охотничьего и рыбного хозяйства / Бюро национальной статистики Республики Казахстан // [stat.gov.kz](http://stat.gov.kz): [сайт]. – URL: <https://stat.gov.kz/ru/industries/business-statistics/stat-forrest-village-hunt-fish/> (дата обращения: 14.05.2024).
3. Обзорная информация о состоянии парка сельскохозяйственной техники в Казахстане на основе материалов Министерства сельского хозяйства РК. – Астана, февраль 2019. – URL: [https://agrardialog-kaz.de/wp-content/uploads/2020/06/agri.-machinery-in-kazakhstan-2018\\_ru-2.pdf](https://agrardialog-kaz.de/wp-content/uploads/2020/06/agri.-machinery-in-kazakhstan-2018_ru-2.pdf) (дата обращения: 15.05.2024).
4. Мисун Л.В. и др. Повышение безопасности труда операторов транспортных средств сельскохозяйственного назначения / Л.В. Мисун, В.В. Азаренко, А.Л. Мисун. – М.: Ж. Мех. и электриф. сель. хоз-ва. 2020; (54). С. 32–38.
5. Глемба К.В. Экспериментальные исследования повышения безопасности подсистемы «оператор» / К.В. Глемба, Ю.И. Аверьянов, А.Г. Карпенко // Инновационные технологии в машиностроении: сб. трудов VIII Междунар. науч.-практ. конф., 18-20 мая 2017 г., Юрга. – Томск : Изд-во ТПУ, 2017. – С. 298–305. – URL: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/45709> (дата обращения: 17.05.2024).
6. Сергеев Н.С., Калугин А.А. Методика оценки травмирования операторов мобильных колесных машин // Достижения науки и техники АПК. 2011. №7. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-otsenki-travmirovaniya-operatorov-mobilnyh-kolesnyh-mashin> (дата обращения: 21.05.2024).
7. СТ РК ГОСТ Р 53490-2011. Тракторы сельскохозяйственные. Шум на рабочем месте оператора. Методы и условия измерений // Электронный ресурс: режим доступа: [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=31495442](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31495442) (дата обращения: 24.05.2024).
8. ГОСТ 31323-2006. Вибрация. Определение параметров вибрационной характеристики самоходных машин. Тракторы сельскохозяйственные колесные и машины для полевых работ // Электронный ресурс: режим доступа: <https://internet-law.ru/gosts/gost/44080/> (дата обращения: 24.05.2024).

9. ГОСТ 12.2.002.5-91. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные. Метод определения характеристик систем обогрева и микроклимата // Электронный ресурс: режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200019520> (дата обращения: 26.05.2024).

10. ГОСТ Р 53828-2010. Автомобильные транспортные средства. Система обеспечения микроклимата. Технические требования и методы испытаний // Электронный ресурс: режим доступа: <https://www.novotest.ru/informatsiya/standarts-tr-ts/018/> (дата обращения: 27.05.2024).

11. СТ РК 2.302-2021. Государственная система обеспечения единства измерений Республики Казахстан. Методика выполнения измерений. Определение массовой концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе, в воздухе рабочей зоны, в промышленных выбросах газоанализатором // Электронный ресурс: режим доступа: [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=37727918](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=37727918) (дата обращения: 27.05.2024).

## REFERENCES

1. GOST 12.0.003-2015. The interstate standard. The system of occupational safety standards. Dangerous and harmful production factors. Classification. – URL: [https://t-lcv.ru/f/gost\\_120003-2015.pdf](https://t-lcv.ru/f/gost_120003-2015.pdf) (date of access: 05/14/2024).

2. Official statistics. Industry statistics. Statistics of agriculture, forestry, hunting and fisheries / Bureau of National Statistics of the Republic of Kazakhstan // [stat.gov.kz](http://stat.gov.kz) : [website]. – URL: <https://stat.gov.kz/ru/industries/business-statistics/stat-forrest-village-hunt-fish/> (date of reference: 05/14/2024).

3. Overview of the state of the agricultural machinery park in Kazakhstan based on materials from the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan. – Astana, February 2019. – URL: [https://agrardialog-kaz.de/wp-content/uploads/2020/06/agri.-machinery-in-kazakhstan-2018\\_ru-2.pdf](https://agrardialog-kaz.de/wp-content/uploads/2020/06/agri.-machinery-in-kazakhstan-2018_ru-2.pdf) (date of application: 05/15/2024).

4. Misun L.V. et al. Improving the safety of agricultural vehicle operators / L.V. Misun, V.V. Azarenko, A.L. Misun. – M.: J. Mech. and electrif. the village. household. 2020; (54). pp. 32–38.

5. Glemba K.V. Experimental studies of improving the safety of the operator subsystem / K.V. Glemba, Yu.I. Averyanov, A.G. Karpenko // Innovative technologies in mechanical engineering: proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference, May 18–20, 2017, Jurga. – Tomsk : TPU Publishing House, 2017. – pp. 298–305. – URL: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/45709> (date of application: 05/17/2024).

6. Sergeev N.S., Kalugin A.A. Methodology for assessing injury to operators of mobile wheeled vehicles // Achievements of science and technology of the agroindustrial complex. 2011. No 7. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-otsenki-travmirovaniya-operatorov-mobilnyh-kolesnyh-mashin> (date of application: 05/21/2024).

7. ST RK GOST R 53490-2011. Agricultural tractors. Noise at the operator's workplace. Measurement methods and conditions // Electronic resource: access mode: [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=31495442](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31495442) (date of reference: 05/24/2024).

8. GOST 31323-2006. Vibration. Determination of parameters of vibration characteristics of self-propelled machines. Agricultural wheeled tractors and machines for field work // Electronic resource: access mode: <https://internet-law.ru/gosts/gost/44080/> (date of application: 05/24/2024).

9. GOST 12.2.002.5-91. The interstate standard. The system of occupational safety standards. Tractors and self-propelled agricultural machines. Method for determining the characteristics of heating and microclimate systems // Electronic resource: access mode: <https://docs.cntd.ru/document/1200019520> (date of application: 05/26/2024).

10. GOST R 53828-2010. Motor vehicles. The microclimate system. Technical requirements and test methods // Electronic resource: access mode: <https://www.novotest.ru/informatsiya/standarts-tr-ts/018/> (date of application: 05/27/2024).

11. ST RK 2.302-2021. The State system of ensuring the uniformity of measurements of the Republic of Kazakhstan. Measurement procedure. Determination of the mass concentration of harmful substances in atmospheric air, in the air of the working area, in industrial emissions by a gas analyzer // Electronic resource: access mode: [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=37727918](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=37727918) (date of application: 05/27/2024).

Научная статья

УДК 631.331

## МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА КАТУШЕЧНОГО ТИПА

*С.А. Шишурин, А.М. Марадудин, Р.Н. Бахтиев, А.А. Леонтьев, Д.Д. Курыленко*

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

**Аннотация:** в статье рассмотрена методика и оборудование лабораторных исследований высевающего аппарата катушечного типа, используемого в универсальной селекционной сеялке с роботизированным приводом, созданной учеными ФГБОУ ВО Вавиловский университет. Методика разработана на основании требований ГОСТ, ИСО к высевающим аппаратам селекционных сеялок и может быть использована при проведении лабораторных испытаний высевающих аппаратов аналогичной конструкции.

**Ключевые слова:** сеялка, посев, лабораторные испытания, методика, высевающий аппарат, сошник, селекция.

Original article

## THE METHODOLOGY OF LABORATORY TESTS OF THE SEEDING MACHINE OF THE COIL TYPE

*S.A. Shishurin, A.M. Maradudin, R.N. Bahtiev, A.A. Leontiev, D.D. Kurylenko*

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

**Annotation:** the article considers the methodology and equipment of laboratory studies of a coil-type seeding apparatus used in a universal breeding seeder with a robotic drive, created by scientists of the Vavilov University. The technique was developed based on the requirements of GOST, ISO for sowing machines of breeding seeders and can be used in laboratory tests of sowing machines of a similar design.

**Keywords:** seeder, sowing, laboratory tests, methodology, sowing machine, coulter, selection.

### **Введение:**

С целью совершенствования конструкции сеялок, применяющихся на первом этапе селекции и повышения качества выполняемых ими операций учеными ФГБОУ ВО Вавиловского университета разработана универсальная сеялка с роботизированным приводом [1, 2]. Сеялка оборудована высевающим аппаратом катушечного типа со сменными катушками (рисунок 1), размеры отверстий которых варьируются в зависимости от вида высаживаемой культуры. Такой тип высевающего аппарата характеризуется надежностью в эксплуатации, универсальностью и простой в изготовлении.

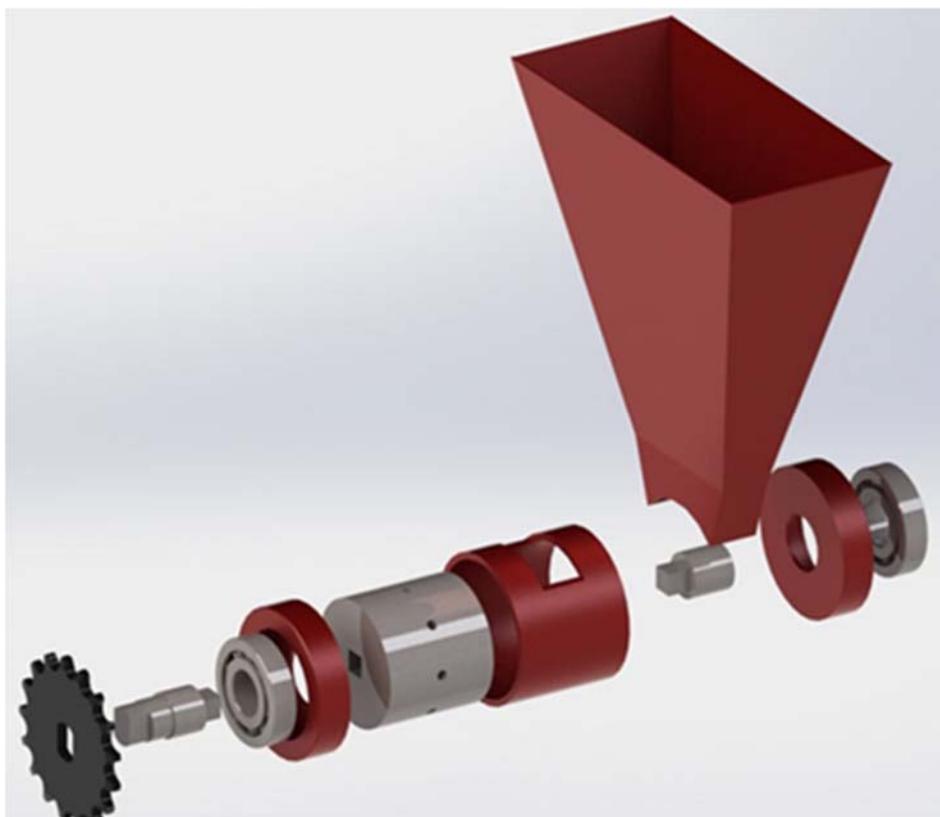


Рисунок 1. Общий вид высевающего аппарата в разборе

#### **Методика исследований:**

Для экспериментального исследования предложенного высевающего аппарата разработана программа лабораторных испытаний, которая включает изучение степени влияния конструктивных параметров и частоты вращения высевающего аппарата на качественные показатели его работы.

При разработке методики лабораторных исследований изучены материалы ГОСТ, ИСО и ОСТ в отношении машин для посева и процесса посева сельскохозяйственных культур: ГОСТ 26711–89 «Сеялки тракторные. Общие технические требования» [3], ГОСТ 31345-2007 «Сеялки тракторные. Методы испытаний» [4], ОСТ 10.5.1-2000 «Испытание сельскохозяйственной техники. Машины посевные. Методы оценки функциональных показателей» [5], ГОСТ 12036-85 «Семена сельскохозяйственных культур. Правила приемки и методы отбора проб» [6], ГОСТ 20915-2011 «Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний» [7], ИСО 7256-1:1984 «Оборудование посевное. Методы испытаний» [8] и др. В результате сформулирована задача исследований – проведение лабораторных экспериментов для оптимизации конструктивных параметров и режимов работы предлагаемого высевающего аппарата; получены данные, позволяющие установить основные требования, применяемые к отбираемым для исследования семенам сельскохозяйственных культур, их размерам, физическим и технологическим свойствам, норме посева семян, используемому оборудованию, варьируемым и контролируемым параметрам, условиям проведения испытаний.

Для проведения лабораторных исследований спроектирована экспериментальная установка (рисунок 2), состоящая из рамы с транспортером, на которой установлены бункер для семян, высевающий аппарат катушечного типа с возможностью оперативной замены катушек и семяпровод. Привод высевающего аппарата осуществляется от электродвигателя посредством вала, а ленточного транспортера – от мотор-редуктора через цепную передачу. Электродвигатель к сети подключен с помощью реостата, что позволяет изменять частоту вращения приводного вала, варьируя тем самым частоту вращения высевающей катушки.

Контролируемыми параметрами при проведении лабораторных исследований являются высевающая способность сеялки, дробление (обрушивание, механическое повреждение) семян, распределение семян в ряду, а варьируемыми – вид сменной катушки и частота вращения высевающего аппарата [4]. Лабораторные исследования проводятся классическим методом, с варьированием одного из факторов при постоянстве других.

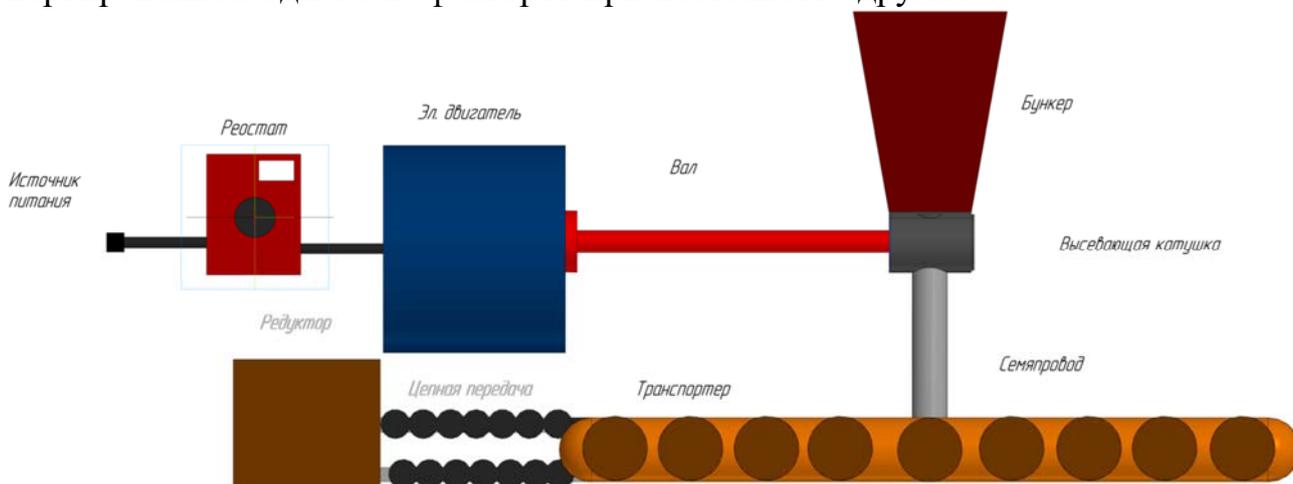


Рисунок 2. Схема лабораторной установки

В высеваемом материале, подготовленном к испытаниям, заранее определяются [4]:

- чистота, повреждение – по ГОСТ 12037;
- влажность – по ГОСТ 12041;
- масса 1000 семян – по ГОСТ 12042.

Размеры семян (длину, ширину, толщину) некалиброванных семян крупносемянных культур находят измерением не менее 100 шт. семян, взятых из средней пробы, отобранной для определения влажности. Измерения проводятся с погрешностью  $\pm 1$  мм при помощи штангенциркуля. Массу 1000 зерен определяют путем взвешивания партии семян из 500 штук на электронных весах ВЛК-500 в пятикратной повторности (с точностью  $\pm 0,1$  г). Результаты заносятся в рабочий журнал и вычисляется среднее значение, стандартное отклонение с округлением до целого числа.

В высевающий аппарат сеялки устанавливается катушка с отверстиями, по форме и размерам подходящими под геометрические параметры семян высеваемой культуры, затем выбирается нужная норма высева путем изменения

частоты вращения вала высевающей катушки при помощи реостата, подсоединенного к приводному электродвигателю. После этого установка приводится в работу.

Высевающую способность сеялки определяют в зависимости от частоты вращения катушки высевающего аппарата  $n_1$ , мин.<sup>-1</sup>, на культурах, семена которых существенно отличаются между собой по физико-механическим свойствам и нормам высева. Предварительно исходный семенной материал, используемый в опыте, просматривается и очищается от дробленых (обрушенных, с механическими повреждениями) семян. Интервал изменения частоты вращения катушки выбирается исходя из значений максимальной и минимальной норм высева соответствующей культуры и разбивается на 4 части. В приемный бункер загружается заранее взвешенная партия семян, затем установка приводится в действие. При помощи секундомера засекается время работы высевающего аппарата до полного высева всей партии семян  $\Delta t$ . Погрешность составляет  $\pm 1,0$  с. Пробы отбираются не менее чем в трехкратной повторности на каждом интервале скорости вращения катушки в закрепленную на семяпроводе лабораторную сумочку, после чего взвешиваются. Масса высеянных семян определяется с погрешностью  $\pm 1$  г, результаты заносятся в рабочий журнал.

Зная время работы  $\Delta t$ , можно определить теоретический путь  $S$ , м, пройденный сеялкой до полного высева всей партии семян (принимая скорость ее движения постоянной):

$$S = v_a \Delta t, \quad (1)$$

где  $v_a$  – скорость движения сеялки, м/с.

Исходя из технических особенностей скорость движения проектируемой сеялки будет равна:

$$v_a = \frac{\pi d_k n_2}{60}, \quad (2)$$

где  $d_k$  – диаметр приводного колеса экспериментальной сеялки, м;

$n_2$  – частота вращения приводного колеса, мин.<sup>-1</sup>;  $n_2 = n_1/U_3$ ;

где  $n_1$  – частота вращения катушки высевающего аппарата, мин.<sup>-1</sup>;

$U_3$  – передаточное отношение привода высевающего аппарата.

Тогда теоретический путь  $S$  будет подсчитываться по формуле:

$$S = \frac{\pi d_k n_1 \Delta t}{60 U_3}, \quad (3)$$

Высевающая способность сеялки  $Q_c$ , шт./м, находится как отношение количества высеянных семян в партии  $N$  к теоретическому пути  $S$ :

$$Q_c = N/S, \quad (4)$$

или

$$Q_c = \frac{60 U_3 N}{\pi d_k n_1 \Delta t}. \quad (5)$$

В каждой партии семян определяется процент дробления (обрушивания, механического повреждения), для чего из навески выделяют битые (дробленые) семена, обрушенные (для пленчатых культур) и семена с механическими

повреждениями оболочки для крупносеменных культур. Семена с каждым видом повреждения взвешиваются с погрешностью  $\pm 0,01$  г. Результаты записываются в рабочий журнал.

Массовая доля семян дробленых (обрушенных, с механическими повреждениями)  $D$ , %, вычисляется по формуле [4]:

$$D = \frac{m_{\text{др}}}{m_{\text{н}}} 100\%, \quad (6)$$

где  $m_{\text{др}}$  – масса семян дробленых (обрушенных или с механическими повреждениями), выделенных из навески, г;

$m_{\text{н}}$  – общая масса семян в навеске, г.

Распределение семян в ряду определяется на хозяйственной, максимальной и минимальной нормах высева путем высева семян на липкую ленту с последующим измерением интервалов между высеянными семенами. Учетная длина ленты, число повторностей в зависимости от культуры выбираются в соответствии с таблицей Г.1 [4]. Погрешность измерения интервалов принимается  $\pm 0,5$  см. Результаты записываются в рабочий журнал с последующим вычислением среднего интервала между семенами, стандартного отклонения, коэффициента вариации, доли интервалов в соответствии с техническим заданием, а также построения гистограммы (частотного графика) распределения семян. Для построения гистограммы вычисляется частота и частость полученных интервалов между семенами. На график наносятся значения интервалов между семенами и частость в процентах данных интервалов.

### **Заключение:**

Представленная программа лабораторных исследований позволяет выявить степень влияния конструктивных параметров и частоты вращения высевающего аппарата на качественные показатели его работы (высевающую способность, дробление (обрушивание, механическое повреждение) семян, распределение семян в ряду). Методика разработана на основании требований ГОСТ, ИСО к высевающим аппаратам селекционных сеялок и содержит авторский подход к нахождению качественных показателей (формула 5). Может быть использована при проведении лабораторных испытаний высевающих аппаратов аналогичной конструкции.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шишурин С.А. Анализ селекционных сеялок для посева зерновых и овощных культур / С.А. Шишурин, Р.Н. Бахтиев, А.М. Марадудин и др. // 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. – С. 401–405.

2. Шишурин С.А. Обзор сеялок, применяемых на первом этапе селекционного семеноводства / С.А. Шишурин, А.М. Марадудин, А.А. Леонтьев,

Р.Н. Бахтиев // Инновационное техническое обеспечение агропромышленного комплекса [Текст]: Материалы научно-технической конференции с международным участием имени А.Ф. Ульянова. – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023. – С. 287–292.

3. ГОСТ 26711-89. Сеялки тракторные. Общие требования. М.: Издательство стандартов, 1990. – 10 с.

4. ГОСТ 31345-2007 Сеялки тракторные. Методы испытаний. М.: Издательство стандартов, 2008. – 57 с.

5. ОСТ 10.5.1-2000 Испытание сельскохозяйственной техники. Машины посевные. Методы оценки функциональных показателей. М.: Издательство стандартов, 2001. – 12 с.

6. ГОСТ 12036-85 Семена сельскохозяйственных культур. Правила приемки и методы отбора проб. М.: Издательство стандартов, 2011. – 13 с.

7. ГОСТ 20915-2011 Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний. М.: Издательство стандартов, 2013. – 27 с.

8. ИСО 7256-1:1984. Оборудование посевное. Методы испытаний. Часть 1. Одноразовые сеялки (сеялки точного высева). М.: Издательство стандартов, 1985. – 24 с.

## REFERENCES

1. Shishurin S.A. Analysis of breeding seeders for sowing grain and vegetable crops / S.A. Shishurin, R.N. Bakhtiev, A.M. Maradudin, etc. // Problems of efficiency and operation of automotive equipment [Text]: Materials of the V.V. Mikhailov International Scientific and Technical Conference dedicated to the 110th anniversary of Vavilov University. - Issue 36. – Saratov: Vavilovsky University, 2023. – pp. 401–405.

2. Shishurin S.A. Overview of seeders used at the first stage of selective seed production / S.A. Shishurin, A.M. Maradudin, A.A. Leontiev, R.N. Bakhtiev // Innovative technical support of the agro-industrial complex [Text]: Materials of the scientific and technical conference with international participation named after A.F. Ulyanov. – Saratov: Vavilov University, 2023. – pp. 287–292.

3. GOST 26711-89. Tractor seeders. General requirements. Moscow: Publishing House of Standards, 1990. – 10 p.

4. GOST 31345-2007 Tractor seeders. Test methods. M.: Publishing House of Standards, 2008. – 57 p.

5. OST 10.5.1-2000 Testing of agricultural machinery. Sowing machines. Methods for evaluating functional indicators. Moscow: Publishing House of Standards, 2001. – 12 p.

6. GOST 12036-85 Seeds of agricultural crops. Acceptance rules and sampling methods. Moscow: Publishing House of Standards, 2011. – 13 p.

7. GOST 20915-2011 Testing of agricultural machinery. Methods for determining test conditions. Moscow: Publishing House of Standards, 2013. – 27 p.

8. ISO 7256-1:1984. The equipment is seeded. Test methods. Part 1. Disposable seeders (precision seeders). Moscow: Publishing House of Standards, 1985. – 24 p.

---

---

## 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 выровняется 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**

Выпуск 37

Перепечатка материалов журнала  
XXXVII 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 978-5-7011-0865-1



Электронное издание

Адрес размещения: <https://www.vavilovsar.ru/nauka/konferencii-saratovskogo-gau/2024-g>

Размещено 08.11.2024 г.

Объем данных: 10,3 Мбайт. Аналог печ. л. 18,75

Формат 60×84 1/16. Заказ №865/2024

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

Тел.: 8(8452)26-27-83, e-mail: nir@vavilovsar.ru

410012, г. Саратов, пр-кт им. Петра Столыпина зд. 4, стр. 3.