

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

\*\*\*

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

\*\*\*

АДМИНИСТРАЦИЯ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

\*\*\*

УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

\*\*\*

УПРАВЛЕНИЕ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

\*\*\*

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНИКИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ»



**«Повышение эффективности использования  
ресурсов при производстве  
сельскохозяйственной продукции – новые  
технологии и техника нового поколения для  
растениеводства и животноводства»**

**Сборник научных докладов XXII Международной научно-  
практической конференции**

**27 - 29 сентября 2023 года, г. Тамбов**

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

АДМИНИСТРАЦИЯ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

УПРАВЛЕНИЕ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ТЕХНИКИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ»

**«Повышение эффективности использования ресурсов  
при производстве сельскохозяйственной продукции –  
новые технологии и техника нового поколения для  
растениеводства и животноводства»**

**Сборник научных докладов XXII Международной научно-практической конференции**

**27 – 29 сентября 2023 года, г. Тамбов**

ББК 40.7  
УДК 62;63  
П429

**Редакционная коллегия:**

В.В. Остриков  
А.Н. Машков  
Л.Г. Князева  
Н.П. Тишанинов  
А.Ю. Корнев  
А.И. Петрашев  
Д.В. Черников

*За достоверность сведений, изложенных в докладах, ответственность несут авторы.  
Материалы публикуются в авторской редакции.*

**П429** Научное издание. Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства: Сборник научных докладов XXII Международной научно-практической конференции, 27 – 29 сентября 2023 года, г. Тамбов. – 246 с.

В издании отражены результаты и перспективы исследований по проблеме эффективного использования техники в растениеводстве и животноводстве, а также по энерго- и ресурсосбережению в системе машиноиспользования и технического сервиса при производстве сельскохозяйственной продукции. Обоснованы основные направления фундаментальных и прикладных исследований, показано состояние, задачи и перспективы научных основ и технических средств по данной проблематике.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

<b>В.В. Остриков</b> РАЗВИТИЕ ИНЖЕНЕРНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ И ПРАКТИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОСЛЕДНИХ ДОСТИЖЕНИЙ ФГБНУ ВНИИТиН.....	8
--	---

### СЕКЦИЯ I «ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНИКИ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ И ЖИВОТНОВОДСТВЕ»

<b>Н.П. Тишанинов, А.В. Анашкин</b> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОТОЧНЫХ МНОГОКАНАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОДРАБОТКИ ЗЕРНА.....	13
<b>Н.П. Тишанинов, А.В. Анашкин, С.В. Емельянович</b> ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗМЕРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОЧЕЙ СРЕДЫ.....	17
<b>К.Н. Тишанинов</b> ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СФЕРЕ РАЗРАБОТКИ ЗЕРНООЧИСТИ- ТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ.....	20
<b>Х.Д.Д. Альшинайинин</b> УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН С ПОМОЩЬЮ ГРАВИТАЦИОННОГО СЕПАРАТОРА GA310.....	24
<b>Д.С. Тарабрин, Е.Н. Шебалин, В.А. Гулевский</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОЧИСТКИ СЕМЯН ЛЮЦЕРНЫ.....	28
<b>Г.Н. Ерохин, В.В. Коновский, И.А. Першин</b> О НАДЕЖНОСТИ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ.....	33
<b>Г.Н. Ерохин, И.А. Першин</b> ОЦЕНКА ПОТЕРЬ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ НА УБОРКЕ СОИ.....	35
<b>В.В. Коновский, И.А. Першин</b> ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИХ ПОСЕВНЫХ КОМПЛЕКСОВ.....	38
<b>Д.В. Черников</b> АНАЛИЗ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ РЫНКЕ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ.....	40
<b>А.А. Максименко, М.К. Белова, А.Р. Сайфетдинов</b> ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ.....	44
<b>А.В. Балашов, С.М. Кольцов, А.И. Завражнов, Д.А. Николокин, В.Е. Петерс</b> ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОРНЕПЛОДОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ.....	46
<b>А.В. Балашов, С.П. Стрыгин, Н.Ю. Пустоваров, А.В. Крищенко, С.Г. Хайруллина</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ НА ПОСЕВНОМ АГРЕГАТЕ, ОСНАЩЕННОМ СИСТЕМОЙ КОНТРОЛЯ ВЫСЕВА СЕМЯН.....	50
<b>С.П. Стрыгин, Н.Ю. Пустоваров, С.Г. Хайруллина, В.В. Конкина, А.С. Заводнов</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОПАШНОЙ СЕЯЛКИ С ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ.....	53
<b>А.В. Балашов, С.П. Стрыгин, Н.Ю. Пустоваров, А.А. Синельников, С.Г. Хайруллина</b> МОДЕРНИЗАЦИЯ ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА ДЛЯ ПОСЕВА СЕМЯН СОИ ПУНКТИРНО- ГНЕЗДОВЫМ СПОСОБОМ.....	56
<b>С.Р. Есегов, С.Г. Хайруллина, С.П. Стрыгин</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПЫЛИ ПРИ МОНТАЖЕ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ НА ВЫСОТЕ.....	59
<b>Ф.Д. Даимова</b> РАБОЧИЙ ОРГАН ДЛЯ СОЗДАНИЯ ДИСКРЕТНЫХ ПОСАДОЧНЫХ МЕСТ И ПОСАДКИ РАСТЕНИЙ .....	61
<b>А.И. Завражнов, Ю.В. Гурьянова, Д.В. Гурьянов</b> ТЕХНОЛОГИИ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ.....	64
<b>В.А. Милюткин</b> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИМЕНЕНИЯ ЖИДКИХ УДОБРЕНИЙ КАС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАЩИТНЫХ УСТРОЙСТВ НА СЕЛЬХОЗМАШИНАХ ДЛЯ ИСКЛЮЧЕНИЯ «ОЖОГА» ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР» И ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ.....	67

<b>А.Н. Зазуля, С.А. Нагорнов, И.Г. Голубев</b> О СОСТОЯНИИ ПАРКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ.....	71
<b>А.Н. Ситухо, И.А. Салтовец</b> ИНТЕГРАЦИЯ СКВОЗНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АГРОПРОМЫШЛЕННЫЙ КОМПЛЕКС РОССИИ .....	75
<b>Л.М. Бондаренко, М.В. Бондаренко</b> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ .....	80
<b>В.В. Голембовский, А.А. Коровин</b> АКТУАЛЬНОСТЬ НОВЫХ ПОДХОДОВ К ПОВЫШЕНИЮ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ И УТИЛИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОТХОДОВ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ.....	84
<b>В.В. Васильев, Д.Н. Афоничев</b> АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ.....	86
<b>А.С. Лебедев</b> ОБЗОР ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ И СПОСОБОВ ОРОШЕНИЯ .....	88
<b>А.И. Ставцев</b> ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ СУХОЙ БАРДЫ (DDGS) НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МАЛОЙ МОЩНОСТИ .....	93
<b>С.Ю. Дрямов</b> ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ И СОБЛЮДЕНИЯ ПРАВИЛ ДОПУСКА К УПРАВЛЕНИЮ САМОХОДНЫМИ МАШИНАМИ КАТЕГОРИИ «В» .....	95
<b>С.М. Ведищев, А.И. Завражнов, А.В. Прохоров, Е.Б. Ложкина, А.Ю. Глазков</b> ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ СУХИХ РАССЫПНЫХ КОМБИКОРМОВ В УСЛОВИЯХ НЕБОЛЬШИХ ХОЗЯЙСТВ .....	97
<b>Г.М. Шулаев, Р.К. Милушев, В.И. Доровских, В.С. Жариков</b> ОТРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ ИЗ СЕМЯН РАСТОРОПШИ .....	102
<b>В.И. Доровских, В.С. Жариков, Г.М. Шулаев, Р.К. Милушев</b> ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ДОЕНИЯ КОРОВ .....	106
<b>Н.В. Сергеева, В.В. Голембовский, Р.З. Халимбеков</b> ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОВОРОТНОГО СТАНКА ДЛЯ ИСКУССТВЕННОГО ОСЕМЕНЕНИЯ ОВЕЦ.....	110
<b>Ж.С. Наприс</b> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА В УИС КАК ФАКТОР УКРЕПЛЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ .....	113
<b>И.П. Добролюбов, О.Ф. Савченко, В.В. Альт</b> ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ ИНЕРЦИОННЫХ МОМЕНТОВ ВРАЩАЮЩИХСЯ ВАЛОВ ДВИГАТЕЛЕЙ, МАШИН И МЕХАНИЗМОВ .....	116
<b>Я.О. Шувалова</b> ПРИОРИТЕТНЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ИНФЕКЦИИ HELICOBAKTER PYLORI .....	118
<b>С.М. Ведищев, А.В. Прохоров, Е.Б. Ложкина, В.Н. Зенкин, В.С. Ложкин</b> ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ ПРОРАСТАНИЯ ЗАМОЧЕННЫХ СЕМЯН КАПУСТЫ БЕЛОКОЧАННОЙ .....	120
<b>А.Е. Замазий, А.Л. Евстратенко</b> ОСНОВНЫЕ ВИДЫ КОРМОВ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В КОРМЛЕНИИ КРУПНОРОГАТОГО СКОТА .....	123
<b>М.К. Манаенков, В.Ю. Ланцев, И.А. Дробышев</b> КЛАССИФИКАЦИЯ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ ОТРАСТАЮЩИХ ПОБЕГОВ В КОРНЕСОБСТВЕННЫХ МАТОЧНИКАХ.....	127
<b>С.Н. Сазонов, Д.Д. Сазонова</b> РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ПРАКТИЧЕСКОГО ОПЫТА МЕЖФЕРМЕРСКОЙ КООПЕРАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ .....	132
<b>С.Н. Сазонов, Д.Д. Сазонова</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ЗАГРУЗКИ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ В УСЛОВИЯХ ЦЕНОВЫХ ДИСПАРИТЕТОВ.....	136

**СЕКЦИЯ II «ЭНЕРГО - И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕМЕ  
МАШИНОИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА, ЭФФЕКТИВНОЕ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОПЛИВНО-СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ЗАЩИТЫ  
ТЕХНИКИ ОТ КОРРОЗИИ»**

<b>Г.И. Грицаенко, И.Н. Грицаенко</b> ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СЕЛЬХОЗТОВАРОПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ: ОРИЕНТАЦИЯ НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ.....	141
<b>А.М. Шувалов, А.Н. Машков</b> ВТОРИЧНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОТЫ ПРИ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКЕ СЕЛЬХОЗПРОДУКЦИИ .....	146
<b>А.М. Шувалов, А.Н. Машков</b> ОБОСНОВАНИЕ СООТНОШЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ ИНФРАКРАСНОГО И КОНВЕКТИВНОГО НАГРЕВА В КОМБИНИРОВАННОЙ УСТАНОВКЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА.....	148
<b>А.М. Шувалов, А.Н. Машков</b> ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЖИМОВ ОХЛАЖДЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКИ ОБРАБОТАННОГО ЗЕРНА.....	151
<b>А.В. Щегольков, Н.В. Земцова, В.В. Клитинов, П.Н. Никулин</b> ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ СИСТЕМА НА ОСНОВЕ САМОРЕГУЛИРУЕМЫХ ЭЛЕКТРОНАГРЕВА ТЕЛЕЙ С НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫМИ ЭЛАСТОМЕРАМИ И ТЕПЛОВЫМИ АККУМУЛЯТОРАМИ ДЛЯ ОЧИСТКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ.....	153
<b>В.В. Васильев</b> ПУТИ СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ НА ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПЛОСКИХ СПЛОТЧНЫХ ЕДИНИЦ.....	155
<b>Р.И. Ли, А.Ю. Мельников</b> ФРАКТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭЛАСТОМЕРНОГО НАНОКОМПОЗИТА ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗНОШЕННЫХ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ.....	158
<b>В.В. Остриков, Д.Н. Жерновников, Д.А.Ю. Аль-Саади, А.В. Кошелев</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА УДАЛЕНИЯ ПРИМЕСЕЙ ИЗ МОТОРНЫХ МАСЕЛ ДЛЯ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ ОСНОВЫ РАБОЧЕ – КОНСЕРВАЦИОННЫХ ЖИДКОСТЕЙ.....	162
<b>В.В. Остриков, Д.Н. Жерновников, Д.А.Ю. Аль-Саади, В.С. Вязинкин, А.В. Забродская, В.К. Нагдаев</b> ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК МОТОРНЫХ МАСЕЛ В ДВИГАТЕЛЯХ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ.....	166
<b>В.К. Нагдаев, Д.Н. Жерновников, А.В. Кошелев, А.В. Забродская</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗАЩИТНОЙ МАСЛЯНОЙ ПЛЕНКИ.....	170
<b>Д.Н. Жерновников, А.В. Кошелев, А.В. Забродская, В.К. Нагдаев, В.С. Вязинкин</b> РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ РАЦИОНАЛЬНОГО СОСТАВА МАСЛА ДЛЯ КОНСЕРВАЦИИ ДВС.....	173
<b>А.И. Петрашев</b> ОЦЕНКА АВТОТРАКТОРНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В МОБИЛЬНЫХ СРЕДСТВАХ ТЕХСЕРВИСА.....	177
<b>А.И. Петрашев, В.В. Клепиков</b> РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕРНИЗАЦИИ КРЫЛЬЧАТКИ ГЕНЕРАТОРА Г1000В ДЛЯ ЛЕВОГО ВРАЩЕНИЯ ВАЛА.....	180
<b>А.И. Петрашев</b> ПАРАМЕТРЫ КАРДАННОГО ВАЛА ПРИ БОКОВОМ СМЕЩЕНИИ ВАЛА ПРИЕМА МОЩНОСТИ..	185
<b>А.И. Петрашев</b> ДЛИНА И РАБОЧИЙ УГОЛ ОТКЛОНЕНИЯ КАРДАННОГО ВАЛА ОТ ОСИ ВОМ В ПРИВОДЕ НАВЕСНОГО КОНСЕРВАЦИОННОГО АГРЕГАТА.....	189
<b>В.В. Клепиков</b> ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПИСТОЛЕТА РАСПЫЛИТЕЛЯ ЭЖЕКТОРНОГО ТИПА ПРИ НАНЕСЕНИИ АНТИКОРРОЗИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	193
<b>С.М. Ветрова, А.С. Барчукова</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ НИЗКОЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ.....	196
<b>Л.Г. Князева, Н.А. Курьято, А.В. Дорохов, А.М. Губашева</b> О КРИТЕРИЯХ ПРОТИВОКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ....	198
<b>Л.Г. Князева, А.И. Петрашев, Н.А. Курьято, А.В. Дорохов</b> ЗАЩИТА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ОТ КОРРОЗИИ ЛАКОКРАСОЧНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ.....	206
<b>А.В. Дорохов, Л.Г. Князева, Н.А. Курьято</b> ЗАЩИТНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ОТРАБОТАННОГО МАСЛА ПО ОТНОШЕНИЮ К СТАЛИ.....	210

<b>С.М. Гайдар, А.М. Пикина, О.М. Лапсарь</b> ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ЖИРОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ МЯСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ В ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА .....	212
<b>Д.Ю. Кисилев, В.Н. Башкиров, А.Р. Валеева, А.И. Валиуллина, Р.М. Хазиахмедова</b> ЭКСТРАКЦИЯ ФЛАВОНОИДОВ ИЗ ЧЕСНОЧНЫХ СТРЕЛОК ДИЭТИЛОВЫМ ЭФИРОМ ИНГИБИТОРНОЙ ЗАЩИТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ОТ АТМОСФЕРНОЙ КОРРОЗИИ	217
<b>Ю.В. Мещерякова, И.В. Бусин</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТЕЙ КАВИТАЦИИ ПОСРЕДСТВОМ РАЗРУШЕНИЯ ФОЛЫГИ В СРЕДЕ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА .....	221
<b>Ю.В. Мещерякова, С.А. Нагорнов</b> ИССЛЕДОВАНИЕ КАВИТАЦИОННОГО РЕЖИМА ОБРАБОТКИ МОТОРНОГО ТОПЛИВА В УЛЬТРАЗВУКОВОМ СМЕСИТЕЛЕ .....	223
<b>Ю.В. Мещерякова, А.Ю. Корнев, С.А. Нагорнов, А.П. Ликсутина, И.В. Бусин, Е.Б. Ложкина</b> ПОЛУЧЕНИЕ БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФЕРМЕНТОВ ASPERGILLUS NIGER .....	227
<b>Е.А. Улюкина, А.В. Орешенков, Ф.Е. Шарыкин</b> ОЧИСТКА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ФИЛЬТРА ОРИГИНАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ .....	231
<b>А.Н. Омаров, А.М. Биниязов, А.А. Кажияхметова</b> ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЮ ФОРСУНКИ НА КАЧЕСТВО РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКЕЛА РАСПЫЛА ТОПЛИВА .....	234
<b>М.М.А. Захиват, А.В. Щегольков, Н.В. Земцова</b> ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ СВОЙСТВ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА С ПОМОЩЬЮ МЕХАНОАКТИВИРОВАННЫХ ПРИСАДОК НА ОСНОВЕ $Al_2O_3$ и $MoS_2$ .....	239
<b>В.А. Брыксина, Л.Г. Князева, Н.А. Курьято, А.В. Дорохов</b> ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ОТРАБОТАННОГО МАСЛА ДЛЯ ПРОТИВОКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ СТАЛИ .....	241
<b>Н.А. Курьято, Л.Г. Князева, В.А. Брыксина, Л.Д. Родионова</b> ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОСТАВОВ НА ОСНОВЕ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА ДЛЯ ПРОТИВОКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ .....	243

## **ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ**



УДК 631.3

**РАЗВИТИЕ ИНЖЕНЕРНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ И ПРАКТИКА  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОСЛЕДНИХ ДОСТИЖЕНИЙ ФГБНУ ВНИИТиН**

**В.В. Остриков**, д.т.н., профессор  
ФГБНУ ВНИИТиН  
*г. Тамбов, Российская Федерация*

Успешное решение в достижении целей продовольственной безопасности страны, в первую очередь, зависит от обеспеченности АПК материально-техническими ресурсами, определяющими уровень интенсивности развития сельского хозяйства, производительности труда и конкурентоспособность отрасли. Специфика и объективные трудности в научном обеспечении АПК России связаны с необычайным разнообразием почвенно-климатических условий в основных земледельческих зонах, сокращение посевных площадей, значительными деформациями в размещении производительных сил, сельскохозяйственных культур, техническим состоянием материально-технической базы.

Научное обеспечение стабилизации и развития АПК предполагает выработку и реализацию приоритетных направлений исследований и повышение роли науки, сохранение и развитие научно-технического потенциала страны, переориентация агропромышленного производства на инновационный, наукоемкий путь. Роль науки в сложившихся условиях заключается в выявлении и выработке мер по устранению негативных тенденций в функционировании отрасли, выработке государственной стратегии развития агропромышленного комплекса и мер по активизации аграрной политики государства, получении результатов научных исследований в соответствии с потребностями производства, инновационной деятельности на основе научно-технических достижений. Наука является важнейшим ресурсом национальной и продовольственной безопасности страны, фактором влияния на технологический уровень развития агропромышленного производства.

В настоящее время многие сельскохозяйственные предприятия не имеют возможности самостоятельно проектировать экономически эффективные технологии, подобрать технику, не достаточно подготовлены к использованию новой техники. Хозяйствам сложно подобрать оптимальный набор машин, служба мониторинга в регионах пока не развита, в то же время технологии производства сельскохозяйственной продукции являются основой эффективного получения продукции посредством использования технических средств, обуславливают уровень продуктивности и величину валового производства продукции. Известно, что эксплуатируемая машина любого класса и типоразмера, для которой созданы условия для реализации ее потенциальных возможностей принесет прибыль хозяйству. В то же время любая, самая мощная и потенциально производительная техника может принести убытки хозяйству, если она не реализует в реальных условиях машиноиспользования свои потенциальные возможности. Таким образом, важными направлениями развития сельскохозяйственного производства являются повышение эффективности использования сельскохозяйственной техники.

В условиях ухода зарубежных производителей сельскохозяйственной техники наиболее перспективным является инновационный путь развития, отвечающий общемировым тенденциям и требующий подготовки нового поколения высококвалифицированных специалистов, готовых к осуществлению инновационной деятельности в условиях рыночной экономики. Необходим переход к импортозамещению и импортоопережению. Поэтому система использования техники в сельском хозяйстве как объект для перевода отрасли на научную основу для эффективного функционирования и ресурсосбережения АПК требует глубоких знаний. Практика показала, что научная сеть инженерно-технической сферы должна иметь определенную специализацию в указанном направлении страны. Центральной проблемой формирования потенциала аграрной науки является подготовка кадров, создание и развитие новых научных школ. Основы теории машиноиспользования заложены академиком В.П. Горячкиным. Дальнейшее формирование этого направления непосредственно связано с научно-исследовательскими работами сотрудников ФГБНУ ВНИИТиН, которые внесли немалый вклад в развитие агроинженерной науки.

Сотрудники ФГБНУ ВНИИТиН осуществляют проведение фундаментальных, поисковых и приоритетных прикладных научных исследований, направленных на получения новых знаний в сфере агропромышленного комплекса, способствующих его технологическому, инженерно-техническому, экономическому развитию. ФГБНУ ВНИИТиН один из немногих кто заполняет нишу между производителями техники и теми, кто ее использует. Большинство, научных институтов данного профиля ориентированы на проблему эксплуатации техники с точки зрения ее использования при оптимальных технических параметрах, заложенных конструкторами при разработке. При этом на второй план уходят фактические условия и возможности сельскохозяйственных товаропроизводителей, связанные с объективными условиями хозяйствования и реальными технологическими процессами производства продукции. ФГБНУ ВНИИТиН в своих исследованиях ставит на первое место достижение максимального технологического эффекта у сельскохозяйственного производителя в реальных условиях хозяйствования и использования всего технологического комплекса.

Институт осуществляет поиск перспективных научно обоснованных путей повышения эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции; реализацию приоритетных направлений и критических технологий; разработку и внедрение принципиально новых технических средств с высокой производительностью, технологической надежностью, меньшими затратами энергии на единицу сельскохозяйственной продукции; освоение инновационных технологий и техники нового поколения; изучение,

обобщение и распространение достижений агроинженерной науки для ускоренного освоения в практике сельскохозяйственных производителей; создание новых технологий; пути реализации критических технологий и приоритетных направлений развития науки, технологий и техники Российской Федерации.

ФГБНУ ВНИИТиН был и остается институтом, который работает, прежде всего, непосредственно в интересах АПК, опираясь на выстроенные в течение более 40 лет крепкие связи с сельскохозяйственными товаропроизводителями всех без исключения организационно-правовых форм, сложившихся в настоящее время, начиная от фермерских хозяйств до крупных агрохолдингов.

За последние годы сотрудниками лабораторий института

- Разработаны методы и системы управления качеством технологических процессов в растениеводстве и животноводстве, алгоритмы и компьютерные программы оценки эффективности использования машинных технологий;

- Разработаны государственные и отраслевые стандарты, нормативы, регламентирующие требования к эксплуатационным показателям сельскохозяйственной техники, нормативно-техническая документация и технические средства для технического и технологического обслуживания зерноуборочных комбайнов, модели и компьютерные программы обеспечения эффективного использования зерноуборочных комбайнов, модели оценки уровня использования зерноуборочных комбайнов с учетом изменения надежности и качества их работы в процессе эксплуатации.

- Разработан метод оценки параметров процесса послеуборочной подработки зерна позволяющего сельским товаропроизводителям, исходя из конкретных условий производства, определять наиболее оптимальный вариант подработки зерна, научно-обоснованные параметры границ эффективного использования зерноочистительных агрегатов в условиях производственной эксплуатации, улучшенные ресурсосберегающие машинные технологии. Получены закономерности процессов разделения потока сыпучих материалов, сегрегации зерносмесей, разделения зерносмесей ячеистой поверхностью. Научно обоснованы показатели количественной оценки процесса подработки зерна и границы эффектов использования зерноочистительных агрегатов.

- Разработаны новые модели организации эффективного использования машинно-тракторных агрегатов, операционные технологии выполнения работ машинно-трактор агрегатами, нормативы, технические средства обеспечения эффективного использования техники в растениеводстве. Проект исходных требований на блочно-модульные агрегаты для возделывания пропашных культур, техническое задание на разработку высевающего аппарата для посевного модуля при высеве дражированных семян пропашных культур. Разработанная технология возделывания сахарной свеклы с использованием модернизированного комплекса машин в свеклосеющих регионах России, обеспечивает получение урожая корнеплодов более 50 т/га. Технология обеспечивает повышение урожайности корнеплодов на 25-30%, снижение затрат на возделывание сахарной свеклы на 10-15% и себестоимости одной тонны корнеплодов на 18-25%, снижает пестицидную нагрузку в 2,0-2,5 раза, повышает эффективность производства сахарной свеклы и исключает ручной труд. Технология апробирована в ряде хозяйств Центрального Черноземья. Большое внимание уделяется разработке электронных средств контроля и оптимизации эксплуатационных параметров машинотракторных агрегатов.

- Проводятся исследования по разработке систем контроля качества посева семян позволяющие снизить расход посевного материала на 10-15%, повысить их равномерную всхожесть и урожайность. Производители сельскохозяйственной техники, машиностроители высоко оценивают данную разработку в плане совершенствования отечественных сельскохозяйственных машин с перспективой превосходства над зарубежными аналогами.

- Одним из современных направлений развития отечественной техники является использование машинного зрения в сельскохозяйственной технике, позволяющего повысить ее эффективность и вывести на новый уровень развития.

- В связи с уходом ряда зарубежных компаний и технологий, занятых сохранением качества сахарной свеклы в период послеуборочного хранения и переработки ФГБНУ ВНИИТиН плодотворно занимается решением этой проблемы. В данном направлении, институт разработал инновационные технологии хранения свеклы в кагатах, позволяющей увеличить выход конечной продукции (сахарного песка), снизить затраты на реализацию технологии хранения. Разработаны новые технико-экономические модели ресурсосбережения, оборудование для реализации процесса увеличения сохранности свеклы, позволяющие продлить срок ее хранения более, чем на месяц, соответственно, увеличить производство сахарной продукции. Работой и ее результатами заинтересовано более 5 крупных производителей товарной продукции.

- Разработаны научные основы повышения эффективности использования нефтепродуктов и биоэнергетических ресурсов в агропромышленном комплексе, а также необходимые для этих целей технологии, нормативы, технические средства хранения, сохранения и восстановления показателей качества топлив, способы их контроля. На основе проведенных фундаментальных научных исследований разработан принципиально новый вид композитного топлива из эфиров растительных масел, эфиров непредельных алифатических кислот или спиртов, органических соединений, синтезируемых из продуктов обработки сложных эфиров глицерина и высших карбоновых кислот. В отличие от биодизельного топлива, полученного из липидов растительного или животного происхождения, свойства композитного топлива полностью соответствуют свойствам нефтяного дизельного топлива. Применение композитного топлива позволит

отказаться от использования нефтяных видов топлива и перейти к экологически чистым топливам, получаемым из возобновляемого сырья. Проведена адаптация тракторного дизеля к работе на биотопливе: разработана система подачи смесового топлива в тракторном дизеле. Научно обоснованы пути снижения антропогенного воздействия от использования нефтепродуктов агропромышленным комплексом на окружающую среду. Разработан проект технического регламента рационального хранения нефтепродуктов в стальных горизонтальных резервуарах, способствующего сохранению качества нефтепродуктов, реализуемых в АПК России.

- Как известно, на протяжении многих лет существует проблема низкого качества топлив, используемых в сельскохозяйственной технике. Данные факты обусловлены, прежде всего, отсутствием оснащенности и низким техническим состоянием оборудования для хранения топлива, приводящими к изменению свойств топлив и, впоследствии, увеличению затрат на эксплуатацию и ремонт тракторов, комбайнов и автомобилей. Другой важной составляющей данной проблемы является коммерциализация предприятий-производителей топлив, отрицательно влияющей на качество продукта, отклонение от требований стандартов и требований нормативно-технической документации. ФГБНУ ВНИИТиН, выполняя задачи минимизации последствий от использования недоброкачественного топлива, разработало адаптированную к условиям предприятий АПК экспресс-лабораторию контроля основных характеристик дизельного топлива и бензина. Использование оперативных средств контроля позволяет предотвратить риск приобретения недоброкачественных нефтепродуктов, снизить затраты на ремонт техники, уменьшить расход топлива и загрязненности выхлопных газов.

- Разработаны технические основы повышения эффективного использования смазочных масел, пластичных смазок, технических жидкостей и отработанных масел, новые методы повышения эксплуатационных свойств моторных масел и продления сроков их службы под действием наноструктурированных добавок, обеспечивающих повышение межремонтного ресурса двигателей тракторов, снижение расхода топлива и затрат на ремонт на 20-35%. Разработаны новые способы и технологии очистки отработанных масел от всех видов загрязнений, что позволило получать базовые масла, на основе которых созданы высококачественные аналоги трансмиссионных, прирабочных, промывочных, консервационных масел и пластичных смазок. Впервые в отечественной и зарубежной практике разработан ресурсосберегающий способ промывки системы смазки и очистки дизельных двигателей тракторов. Технология позволяет отказаться от использования дорогостоящих товарных промывочных масел, используя в качестве основы глубокоочищенное непосредственно в двигателе моторное масло с добавками и без использования сложного и дорогостоящего технологического оборудования и материалов.

- Сотрудниками института разработаны ресурсосберегающая технология и состав масла для консервации двигателей зерноуборочных комбайнов при их постановке на длительное хранение без использования дорогостоящих консервационных масел зарубежного производства. За период хранения (8-9 месяцев) на деталях цилиндно-поршневой группы продукты окисления, провоцирующие коррозию, не образуются.

- На основании фундаментальных и прикладных исследований разработаны новые методы и экспресс-лаборатория контроля основных характеристик товарных моторных масел и масел работающих в ДВС для их замены по фактическому состоянию.

- Разработаны методы, способы и средства повышения эффективности использования электроэнергии, газа, твердого топлива и возобновляемых источников энергии (солнца, ветра, растительных и древесных отходов), методы и средства повышения эффективности использования энерготехнологических установок в животноводстве и в стационарной энергетике растениеводства. Теоретически обоснованы параметры, режимы работы установок для химической очистки котлов, бойлеров, отопительных батарей, трубопроводов и другого теплотехнического оборудования от накипи. Теоретически обоснованы энергетических параметров режимов работы саморегулируемых ёмкостных и проточных электроводонагревателей, способы повышения эффективности использования варочных котлов применением саморегулируемых систем энергоподвода. Теоретически обоснованы параметры электропарогенераторов с саморегулированием мощности для приготовления заменителя молока животным, разогрева двигателей внутреннего сгорания в зимний период, стерилизации молочных ёмкостей и посуды. Теоретически обоснованы с экспериментальным подтверждением режимы работы саморегулируемой системы энергообеспечения энерготехнологической установки многоцелевого назначения. Теоретически обоснованы с экспериментальным подтверждением способы термической обработки зерна сои; энергоэкономные режимы работы аппаратов многоцелевого агрегата для термической обработки сельхозпродукции многоцелевым агрегатом с саморегулированием мощности.

- Разработаны и апробированы ресурсосберегающие составы консервационных материалов с высокими противокоррозионными свойствами на основе доступного, экологически безопасного вторичного сырья. Созданы технологии децентрализованного получения применения консервационных материалов из отходов от производства и переработки продуктов нефтехимии, растительных масел технического назначения, отработанных моторных масел. Разработаны технологии использования отечественных консервационных материалов, взамен зарубежных. Созданы научные основы рационального использования высокопроизводительных средств технологических процессах подготовки к хранению машинно-тракторного парка сельхозпроизводителей.

- Разработаны и усовершенствованы технологические процессы, эффективные способы подготовки и использования кормов для повышения качества, конверсии и обеспечения рентабельного конкурентоспособного производства продукции животноводства. Обоснованы оптимальные параметры для инактивации антипитательных веществ в бобовых культурах разными методами (микронизация, СВЧ-излучение, баротермическая обработка, экструзия) при сохранении качества белка и высокой его усвояемости.

В заключении хочется подчеркнуть, что сотрудники ФГБНУ ВНИИТиН готовы в силу своего опыта и далее продолжать работы по реализации Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства России.

**СЕКЦИЯ I «ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНИКИ  
В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ И ЖИВОТНОВОДСТВЕ»**

УДК 631.362.3

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОТОЧНЫХ МНОГОКАНАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОДРАБОТКИ ЗЕРНА**

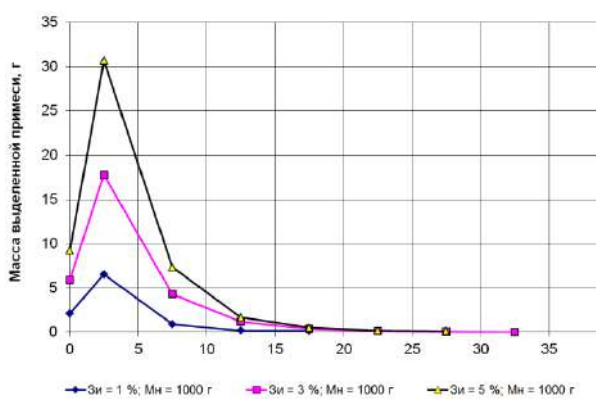
**Н.П. Тишанинов**, д.т.н., доцент, **А.В. Анашкин**, д.т.н.  
ФГБНУ ВНИИТиН  
г. Тамбов, Российская Федерация

**Введение.** Значимым этапом производства зерна является подработка зернового вороха, обеспечивающая незамедлительное удаление примесей, которые имеют высокую биологическую активность и влажность, что является благоприятной средой для обитания и размножения вредных микроорганизмов, которые ухудшают качество зерна при хранении [1-3]. В сельхозпредприятиях применяют для этого многоканальные поточные технологии подработки зерна с использованием зерноочистительных агрегатов типа ЗАВ, уровень эффективности использования которых остается низким из-за отсутствия эффективных средств управления потоками зерна по технологическим каналам и технологического несоответствия последовательных операций в триерных блоках. Применяемые делители потока зерна флажкового, призматического или тарельчатого типов не обеспечивают качество деления перевалочных потоков зерна на технологические каналы [4, 5], достаточное для обеспечения работоспособности триерных блоков – более 90% их выведено из эксплуатации. В нормативно-технической документации сопровождения отечественных и зарубежных триерных технологий [6-8] отсутствуют обоснованные регламенты их подготовки к работе и управления процессами очистки зерна из-за недостатка исследований динамики процессов выделения частиц зерносмесей по длине ячеистой поверхности. Поэтому необходимо расширение области знаний о динамике процессов триерной очистки зерна, а также создание эффективных средств управления массовыми потоками в зерноочистительных технологиях.

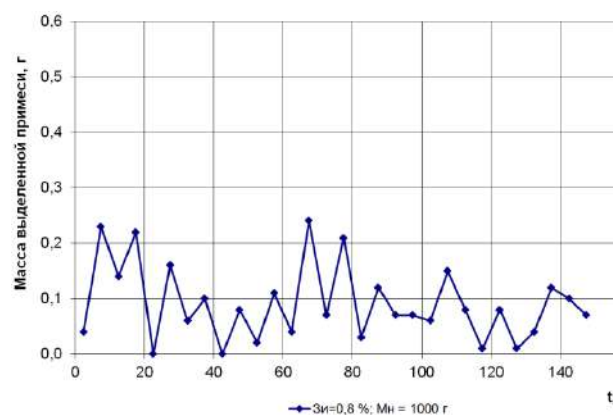
**Основная часть.** ФГБНУ ВНИИТиН на протяжении 15 лет успешно работает над совершенствованием поточных многоканальных технологий подработки зерна. Два новых направления исследований и разработок позволяют существенно увеличить эффективность процесса очистки зерна.

Первое – совершенствование процесса триерной очистки зерна по критериям качества за счет оптимального управления подачей и скоростным режимом работы. Это направление реализовано на базе специальных исследований, которые впервые позволили установить новые физические эффекты и их влияние на динамику и качество процесса триерной очистки зерна: «разновекторной сегрегации примесных компонентов в циркулирующих слоях зерносмеси»; «инерционного удержания контактирующего слоя зерносмеси»; «динамического «выедания» зерновок из ячей».

Эти исследования (рисунки 1 и 2) выполнены с использованием новой физической модели процесса взамен пространственной, что позволило получить объективную научную основу и разработать, не имеющий аналогов, триер с автоматизированным управлением [9]. Он позволяет кардинально повысить технологическую надежность триеров, многократно снизить остаточную засоренность и технологические потери зерна.



а) выделение семян гречишки вьюнковой из пшеницы



б) выделение семян тысячелистника из пшеницы

Рисунок 1 – Динамика выделения коротких примесей с разновекторной их сегрегацией в основной культуре

На рисунке 2 б видно проявление установленных физических эффектов. С начала загрузки ячеистых поверхностей до окончания периодов времени  $t_1 - t_4$  происходит рост интенсивности выделения зерновок пшеницы из зерносмеси. Рост  $W$  на этих участках обусловлен ослаблением эффекта «динамического выедания» зерновок из ячей. Это установлено впервые.

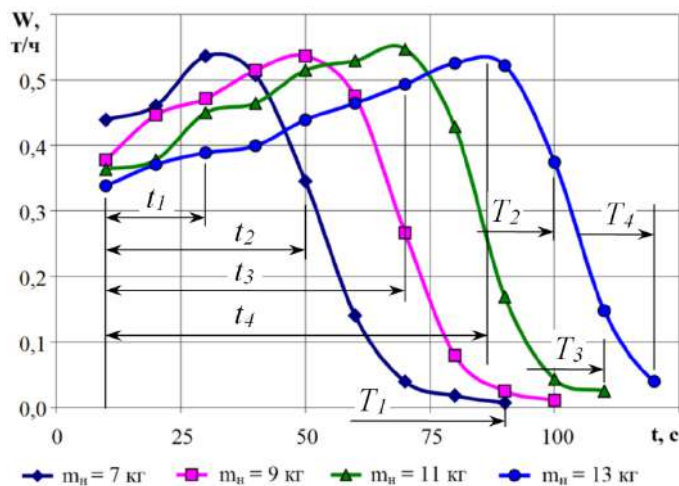
В конце периодов времени  $t_1 - t_4$  величина  $W = W_{max} = const$  для конкретных условий протекания процесса по величинам  $n$  и  $\gamma_n$ . За периоды времени  $(t_{i+1} - t_i)$  выделяется масса зерна  $(m_{n_{i+1}} - m_{n_i}) = 2$  кг.

Окончанию периодов времени  $t_i$  соответствует наличие 4-х – 5-ти циркулирующих слоев зерносмеси в сегменте, что предполагает равенство при достаточной длине ячеистой поверхности:

$$m_i = \int_{t_i}^{T_i} W(t) dt = const. \quad (1)$$



а) стенд для исследований процессов триерной очистки зерна



б)  $W = f(m_n)$  при  $n = 30$  об/мин и  $\gamma_n = 30^\circ$

Рисунок 2 – Результаты исследований динамики выделения пшеницы из зерносмеси ячеистой поверхностью

На участках времени протекания процесса ( $T_i - t_i$ ) происходит резкое падение  $W$  из-за динамического воздействия ячеек на «истощенный» сегмент из 4-х – 5-ти циркулирующих слоев. При этом контактирующие с ячейками зерновки «пробивают» сегмент, снижая вероятность захвата ячейками других частиц. В конце периодов времени  $T_i$  вероятность захвата зерновок ячейками составляет 5-7%, что предопределяет неизбежные технологические потери сходом.

Разработанные и запатентованные стенды для исследования ячеистых поверхностей [10, 11] обеспечили возможность замены пространственной физической модели процесса на временную при сохранении инвариантности результатов эксперимента и их высокой корреляции между собой. При этом обеспечивается контроль процесса по всей длине ячеистой поверхности с кардинальным упрощением анализа результатов эксперимента, о чем свидетельствует вышеизложенное. В традиционной пространственной физической модели процесса такой уровень детализации и достоверности анализа недоступен из-за невозможности вычленения результатов по интенсивности выделения зерновок и степени заполнения ячеек применительно к конкретному участку ячеистой поверхности.

При эксплуатации существующих триерных блоков в последовательном режиме работы ячеистых цилиндров поочередно выделяются длинные и короткие примеси. При этом оптимальная загрузка овсюжного триера, обусловленная гарантированным сходом длинных примесей и исключением потерь зерна основной культуры, не может соответствовать оптимальной загрузке кукольного цилиндра, т.к. эти процессы протекают по-разному.

Сбалансированность качества процессов в овсюжном и кукольном цилиндрах может быть обеспечена: средствами опережения подачи зерносмеси в овсюжный цилиндр [12]; средствами блокирования части рабочей поверхности овсюжного цилиндра по ее длине [13, 14]; расширением технологических возможностей кукольного цилиндра [15]; снижением скоростного режима работы овсюжного цилиндра относительно кукольного до 30 об/мин; увеличением угла подъема верхней кромки передней стенки выводного лотка до  $70^\circ$  в овсюжном цилиндре.

Второе направление – впервые в мировой практике разработано семейство авторегулируемых делителей потока сыпучих материалов [16, 17] с погрешностью деления не более 1 %, обеспечивающих эффективное управление процессами в многоканальных зерноочистительных технологиях. Они позволяют преодолеть физическое противоречие в решении проблемы управления массовыми потоками сыпучих материалов. Физическое противоречие заключается в том, что сплошность отводимых потоков является условием их качественного деления, но при сплошном истечении сыпучих материалов происходит сводообразование, которое исключает возможность авторегулируемого управления процессом. Предложенные авторегулируемые

делители потока сыпучих материалов позволяют впервые получить управляющие воздействия, на 100 % коррелированные с режимами работы триеров, и автоматизировать технологический процесс.

По второму направлению для различных реализаций технологий (по заказам ООО «Воронежсельмаш» и ОАО «АгроТехХолдинг») нами разработаны, запатентованы и внедрены в производство устройства для деления потока зерна вариативного исполнения производительностью от 2 до 180 т/ч.

Сдвоенный блок двухканальных делителей с пружинной грузовоспринимающей системой предложен для зерноочистительной технологии ЗАВ-40. Эти делители внедрены в Тамбовской области (рисунок 3) и отмечены золотой медалью на международной выставке «Агропром – 2009», г. Воронеж.



Рисунок 3 – Блок делителей в СХПК «Сосновый Бор» Сосновского района Тамбовской области

Трехканальный делитель потока зерна наклонного исполнения разработан для равной загрузки 3-х триерных приставок ПТ – 600 в технологии, разработанной институтом «Новосибирскзернопроект» совместно с ООО «Воронежсельмаш» – прошел государственные испытания. Шестиканальный делитель аналогичной конструкции используется в составе той же технологии при двухпоточной загрузке триеров, рисунок 4а.

Кроме того, по заказам ОАО «АгроТехХолдинг» нами созданы двухканальные авторегулируемые делители потока зерна жалюзийного типа с расходными характеристиками 25, 50 и 75 т/ч, рисунок 4б. Они используются в Центрально-черноземном регионе.



а) шестиканальный делитель наклонного исполнения с пружинной грузовоспринимающей системой



б) двухканальный делитель жалюзийного типа

Рисунок 4 – Варианты исполнения делителей потока зерна

Для зарубежных технологий фирм Perry и Fortschritt разработаны двухканальные и трехканальные делители с расходными характеристиками 120 т/ч и 180 т/ч. Они используются в сельхозпредприятиях Рассказовского и Тамбовского районов Тамбовской области, рисунок 5.

Гарантированное качество деления потока зерна обеспечивается поддержанием устойчивого стабилизирующего слоя зерна в регулирующей емкости, исключая образование свободного пространства. Регулирующая емкость уравнивается пружинной грузовоспринимающей системой. При этом отвод зерна из регулирующей емкости происходит заполненными потоками и управляется клапанами в отводах, поворот которых коррелирован с загрузкой регулирующей емкости.





Рисунок 5 – Двухканальный делитель с расходной характеристикой 120 т/ч для зарубежных технологий

Управляющие воздействия (угол поворота вала клапанов, ход регулирующей емкости) обеспечивают широкую зону авторегулирования и гарантированную технологическую надежность триеров посредством разработанных передаточного и исполнительного устройств. Без созданных авторегулируемые делители потока зерна, существующие отечественные и зарубежные технологии эффективно использоваться не могут.

**Заключение.** Основной причиной низкого уровня использования многоканальных зерноочистительных технологий является отсутствие эффективных средств управления массовыми потоками зерна. Это существенно ограничивает возможности эффективного использования воздушно-решетных машин и практически исключает работоспособность триерных блоков. Основные резервы повышения качества триерной очистки зерна заключаются в качественном делении перевалочных потоков зерносмеси, сбалансировании качества работы овсюжного и кукольного ячеистых цилиндров, автоматизации скоростных режимов в условиях меняющейся по времени подачи рабочей среды.

#### Литература

1. Федоренко В.Ф., Ревякин Е.П. Зерноочистка – состояние и перспективы. – М.: ФГНУ Росинформагротех. – 2006. – 204 с.
2. Халанский В.М., Горбачёв И.В. Сельскохозяйственные машины. – М.: Колосс. – 2003. – 623 с.
3. Листопад, Г.Е. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. – М.: Агропромиздат. – 1986. – 687с.
4. Тарасенко А.П. Орбинский В.И., Гиевский А.М. Качественные показатели работы зерноочистительного агрегата ЗАВ-40 // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – №4. – 2010. – С. 43-45.
5. Востриков П.С. Обоснование конструктивно-технологических параметров адаптивного делителя зернового потока: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. – Воронеж. – 2011. – 122 с.
6. Сепараторы триерные серии СТ. Руководство по эксплуатации Воронежсельмаш. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://vselmash.ru/newsite/zo/stacionarnie2/Separatory+ST/>
7. Блоки триерные БТМ-800-8Б и БТО-800-16. Триеры цилиндрические ТК-800-8 и ТО-800-8. Руководство по эксплуатации. БТМ-800-8Б и БТО-800-16. Триеры цилиндрические ТК-800-8 и ТО-800-8. Руководство по эксплуатации. БТМ-800-8Б и БТО-800-16. – ЗАО «Техника-Сервис». – Воронеж. – 2016. – 53 с.
8. Ячеистый триер К 236 А. Инструкция по эксплуатации. 4-е издание. – 1987 г. – ГДР – Вута, 5909. – 27 с.
9. Тишанинов Н.П., Емельянович С.В. Триер с авторегулированием скоростного режима // Сельский механизатор. – 2022. – № 6. – С. 16-17.
10. Патент РФ № 2647526 Прибор для выделения примесей из зерносмесей / Тишанинов Н.П., Анашкин А.В. – № 2017114302 заявл.: 24.04.2017, опубл.: 16.03.2018.
11. Патент РФ № 2616201 Стенд для испытаний ячеистых поверхностей / Тишанинов Н.П., Анашкин А.В. – № 2016108182 заявл.: 09.03.2016, опубл.: 13.04.2017.
12. Патент РФ на полезную модель № 138337 Питатель для триеров / Тишанинов Н.П., Анашкин А.В. – №2012125935; заявл. 21.06.2012, опубл. 10.03.2014, Бюл № 7.
13. Патент РФ № 2564883 Триер / Тишанинов Н.П., Анашкин А.В., Тишанинов К.Н. – № 2014132318/13; заявл. 05.08.2014, опубл. 10.10.2015, Бюл. № 28.
14. Патент РФ № 2567154 Триер / Тишанинов Н.П., Анашкин А.В., Тишанинов К.Н. – № 2014142305/13; заявл. 20.10.2014, опубл. 10.11.2015, Бюл. № 31.
15. Патент РФ № 2564872 Триер / Тишанинов Н.П., Анашкин А.В., Тишанинов К.Н. – № 2014124260/13; заявл. 16.06.2014, опубл. 10.10.2015, Бюл. № 28.
16. Тишанинов Н.П., Анашкин А.В. Классификация и анализ перспектив создания делителей потока сыпучих материалов // Наука в центральной России. – 2013. – № 5. – С. 75-83.
17. Тишанинов Н.П., Анашкин А.В. Многоканальные делители потока зерна // Сельский механизатор. – № 8. – 2015. – С. 40.

УДК 631.362.34

**ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗМЕРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОЧЕЙ СРЕДЫ**

**Н.П. Тишанинов**, д.т.н., доцент, **А.В. Анашкин**, д.т.н., **С.В. Емельянович**, м.н.с.

ФГБНУ ВНИИТиН

г. Тамбов, Российская Федерация

**Введение.** Для экспериментальных исследований качественных показателей процесса триерной очистки зерна от длинных примесей принята зерносмесь, где в качестве основной культуры выступает пшеница, а в качестве примесного компонента – овес. Экспериментальная установка [1-3] с кольцевым движением рабочей среды включает в себя овсюжный триер, дозатор, бункер-питатель основной культуры с оттарированной шиберной заслонкой, ленточный питатель для дозированной подачи примесного компонента, норию и скребковый транспортер. Закольцованное движение рабочей среды обеспечивает необходимую продолжительность эксперимента при стабилизации процесса более 5 минут за счет механизированной переалки очищенного зерна после триера в приемник норрии. Однако, предложенная экспериментальная установка предъявляет повышенные требования к воспроизводимости условий опытов. Для обеспечения воспроизводимости условий опытов [4, 5] необходимо обеспечить регламентированный на протяжении всего эксперимента состав исследуемой зерносмеси, что требует анализа размерных характеристик частиц ее компонентов и последующему контролю зерносмеси в основной серии опытов.

**Основная часть.** Для анализа размерных характеристик пробы пшеницы и овса были отобраны согласно ГОСТ 13586.3-2015 [6], после чего из них случайным образом были выделены по 100 зерновок. Измерение линейных размеров частиц проводилось с помощью штангенциркуля ШЦ-1-125-0,1. Для каждой частицы определены длина, ширина и толщина (наименьший размер сечения), после чего выполнена статистическая обработка полученных данных общеизвестными методами [7-9].

Наименьшее значение длины частиц пшеницы в исследуемой выборке составило 5,1 мм, ширины – 2,7 мм, толщины – 2,4 мм. Наибольшее значение длины частиц пшеницы составило 7,3 мм, ширины – 3,9 мм, толщины – 3,5 мм.

При построении дискретного вариационного ряда длины частиц пшеницы оказалось, что количество вариант  $x_i$  составило 20, что усложняет статистический анализ полученных экспериментальных данных. В связи с этим выполнена группировка данных. Составлен интервальный вариационный ряд признака длины частиц пшеницы. Число групп определяли по формуле Стэрджесса [8]:

$$n = 1 + 3,2 \lg n = 1 + 3,2 \lg (100) = 7,4. \quad (1)$$

Ширина интервала составила:

$$h = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{n} = \frac{7,3 - 5,1}{8} = 0,3, \quad (2)$$

где  $x_{\max}$  - максимальное значение группировочного признака в совокупности;

$x_{\min}$  - минимальное значение группировочного признака.

Тогда интервальный вариационный ряд признака длины частиц пшеницы имеет следующий вид, таблица 1.

Таблица 1 – Вариационный ряд распределения длины частиц пшеницы

Группы	5,1-5,3	5,4-5,6	5,7-5,9	6,0-6,2	6,3-6,5	6,6-6,8	6,9-7,1	7,2-7,4
Середина интервала	5,2	5,5	5,8	6,1	6,4	6,7	7,0	7,3
Частота, $f_i$	4	1	11	33	22	15	11	3

На рисунке 1 представлен полигон эмпирических частот распределения признака длины частиц пшеницы в рассматриваемой выборке.

Средняя взвешенная (выборочная средняя) определялась по формуле:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i \times f_i}{\sum f_i} \quad (3)$$

где – вариант числовых значений количественного признака,

$f_i$  – абсолютная численность отдельных вариантов вариационного ряда.

Для рассматриваемой выборки частиц пшеницы средняя взвешенная длина, рассчитанная по формуле (3) для всех 20 значений  $x_i$ , составляет  $\bar{l}_n = 6,3$  мм.

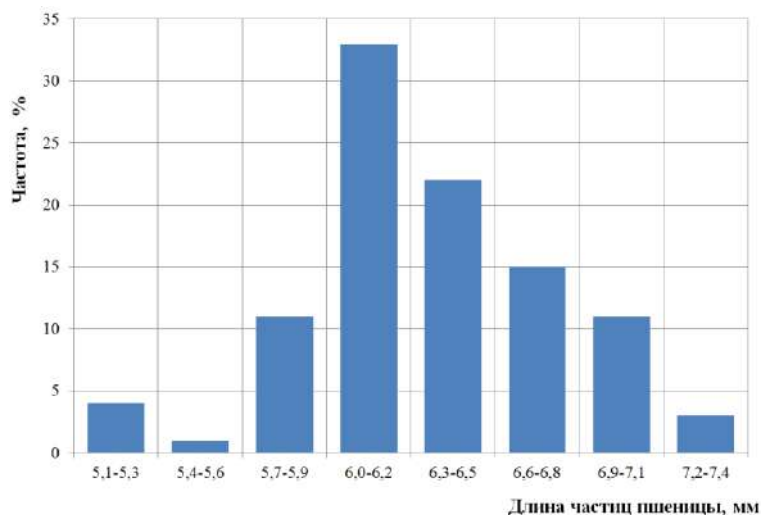
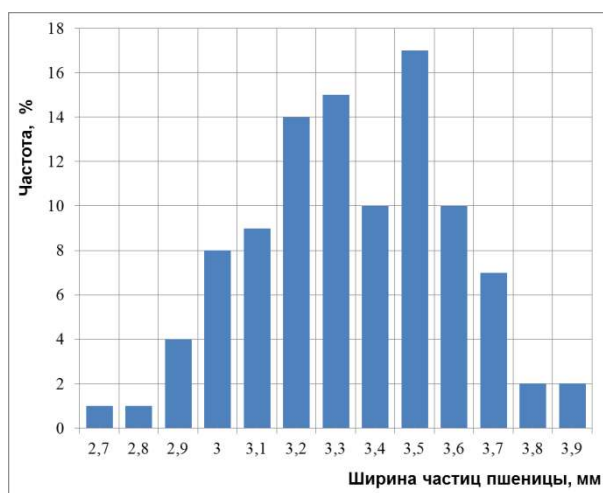


Рисунок 1 – Полигон распределения длины частиц пшеницы

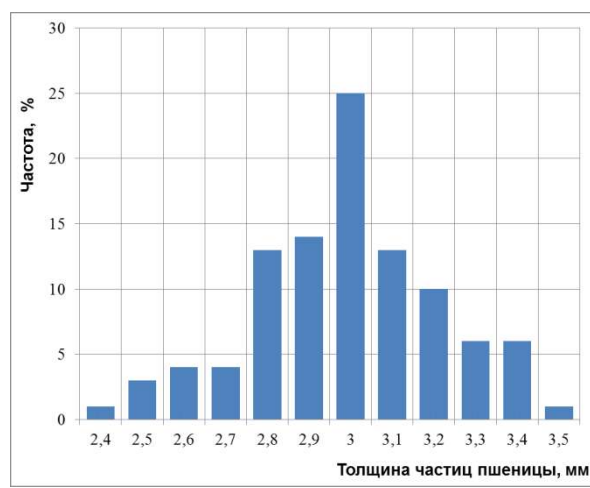
С целью построения дискретных ранжированных вариационных рядов для ширины и толщины зерновок пшеницы отсортированы значения по возрастанию показателя и подсчитано количество повторений для каждого элемента ряда (частоту события). Полученные результаты представлены в таблице 2 и на рисунке 2.

Таблица 2 – Вариационные ряды распределения ширины и толщины частиц пшеницы

Распределение ширины частиц пшеницы													
$b_{ni}$ , мм	2,7	2,8	2,9	3	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9
$f_{ni}$ , %	1	1	4	8	9	14	15	10	17	10	7	2	2
$b_{ni} \times f_{ni}$	2,7	2,8	11,6	24	27,9	44,8	49,5	34	59,5	36	25,9	7,6	7,8
Распределение толщины частиц пшеницы													
$a_{ni}$ , мм	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	
$f_{ni}$ , %	1	3	4	4	13	14	25	13	10	6	6	1	
$a_{ni} \times f_{ni}$	2,4	7,5	10,4	10,8	36,4	40,6	75	40,3	32	19,8	20,4	3,5	



а)



б)

Рисунок 2 – Полигоны распределения ширины (а) и толщины (б) частиц пшеницы

Средняя взвешенная ширина частиц пшеницы составляет  $\bar{b}_n = 3,3$  мм. Средняя взвешенная толщина составляет  $\bar{a}_n = 3,0$  мм.

Аналогично выполнен анализ размерных характеристик зерновок овса.

Наименьшее значение длины частиц овса в исследуемой выборке составило 7,0 мм, ширины – 1,9 мм, толщины – 1,7 мм. Наибольшее значение длины частиц овса составило 15,7 мм, ширины – 3,1 мм, толщины – 2,8 мм.

Вариационные ряды их линейных размеров представлены в таблице 3, полигоны распределения – на рисунках 3 и 4.

Таблица 3 – Вариационные ряды распределения ширины и толщины частиц овса

Распределение длины частиц овса													
Интервал, $l_{oi}$ , мм	7,0-7,9	8,0-8,9	9,0-9,9	10,0-10,9	11,0-11,9	12,0-12,9	13,0-13,9	14,0-14,9	15,0-15,9				
$f_{oi}$ , %	3	4	7	11	23	28	16	6	2				
Распределение ширины частиц овса													
$b_{oi}$ , мм	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3	3,1
$f_{oi}$ , %	1	0	5	1	7	7	13	5	8	9	20	17	7
$b_{oi} \times f_{oi}$	1,9	0	10,5	2,2	16,1	16,8	32,5	13	21,6	25,2	58	51	21,7
Распределение толщины частиц овса													
$a_{oi}$ , мм	1,7	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	
$f_{oi}$ , %	2	5	4	9	13	11	7	15	12	7	8	7	
$a_{oi} \times f_{oi}$	3,4	9	7,6	18	27,3	24,2	16,1	36	30	18,2	21,6	19,6	

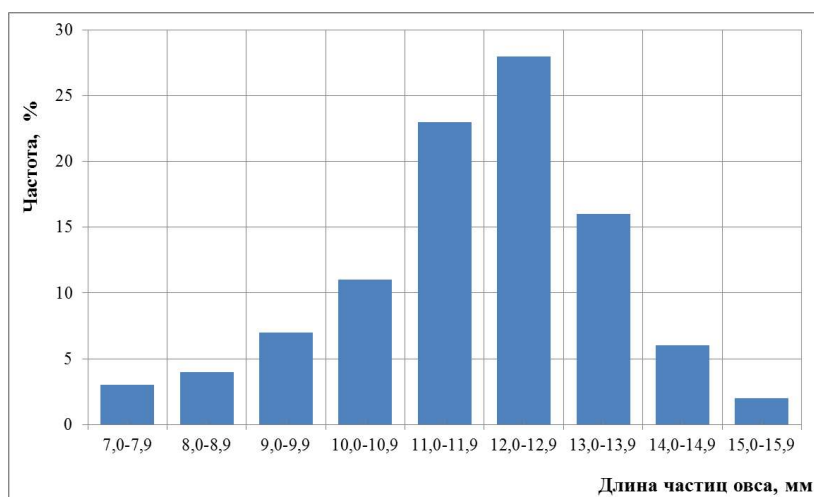
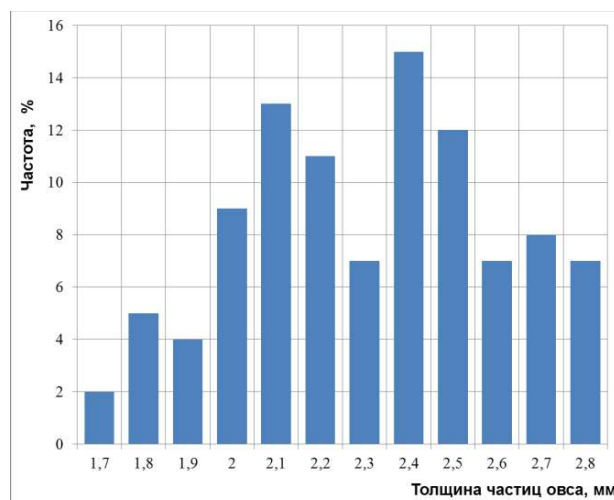
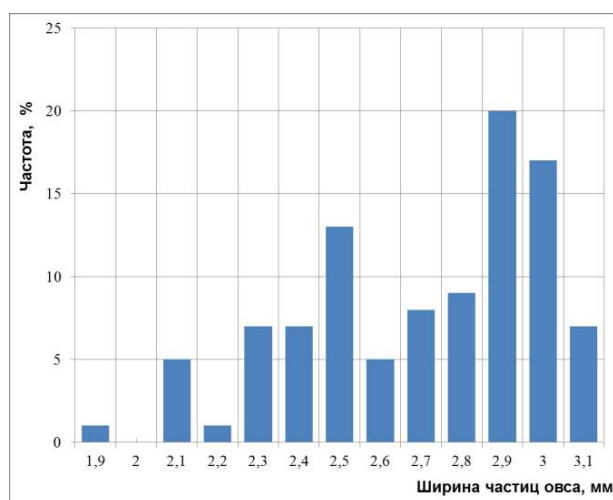


Рисунок 3 – Полигон распределения длины частиц овса



а) б)  
Рисунок 4 – Полигоны распределения ширины (а) и толщины (б) частиц овса

Средневзвешенные значения размеров зерновок овса, рассчитанные по формуле (3), составляют: длина 11,8 мм; ширина 2,7 мм; толщина 2,3 мм.

В обобщенном виде размерные характеристики частиц рассматриваемых культур представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Размерные характеристики частиц пшеницы и овса

	$l_{\max}$	$l_{\min}$	$b_{\max}$	$b_{\min}$	$a_{\max}$	$a_{\min}$	$\bar{l}$	$\bar{b}$	$\bar{a}$
Пшеница	7,3	5,1	3,9	2,7	3,5	2,4	6,3	3,3	3,0
Овес	15,7	7,0	3,1	1,9	2,8	1,7	11,8	2,7	2,3

Данные таблицы 4 подтверждают невозможность разделения пшеницы и овса с помощью решетных поверхностей. Диапазоны их поперечных размеров имеют существенные зоны пересечения. В случае полной очистки пшеницы от овса с помощью решет с круглыми отверстиями диаметром 3,2 мм (по признаку ширины частиц) неизбежные потери основной культуры составят не менее 37% (см таблицу 2). При очистке пшеницы с помощью щелевых решет с шириной отверстий 2,9 мм (по признаку толщины частиц) потери будут на уровне 39%.

Полигоны распределения длины частиц пшеницы и овса также имеют незначительное пересечение. Но при полном выделении примесного компонента с помощью триерного цилиндра с типовым диаметром ячеек 7,1 мм потери основной культуры составят лишь 5%. Для исключения технологических потерь необходимо использовать цилиндр с ячейками диаметром 8,0 мм, тогда остаточная засоренность пшеницы после очистки составит 3% от изначального содержания овса в зерносмеси, что является очень высоким уровнем качества очистки и свидетельствует об обоснованности выбора овса в качестве длинной примеси при экспериментальных исследованиях процессов триерной очистки.

**Закключение.** Подготовка зерносмеси перед экспериментом заключается в исключении вероятной погрешности за счет захвата частиц длинной примеси длиной, сопоставимой с диаметром ячейки, в нашем случае 8,5 мм. Для этого необходимо предварительно осуществить 1-2 пропуска овса через ячеистый цилиндр, и захваченные частицы утилизировать. При этом будет потеряно 6% от первоначальной массы примесного компонента, что необходимо учитывать при подготовке навесок компонентов зерносмеси. Необходим также предварительный пропуск через триер и зерна основной культуры для исключения искажения результатов от возможного наличия в пшенице частиц других длинных примесей. Вероятные потери массы основной культуры при этом незначительны.

### Литература

1. Тишанинов Н.П., Емельянович С.В. Триер с авторегулированием скоростного режима // Сельский механизатор. – 2022. – № 6. – С. 16-17.
2. Тишанинов Н.П., Емельянович С.В. Обоснование параметров ленточного питателя для подачи примеси в экспериментальный триер // Наука в центральной России. – 2023. – № 1 (61). – С. 5-13.
3. Тишанинов Н.П., Анашкин А.В., Емельянович С.В. Результаты поисковых исследований триера с авторегулируемым скоростным режимом работы // Наука в центральной России. – 2023. – № 2 (62). – С. 54-64.
4. Веденяпин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных. – М.: Колос. – 1973. – 199 с.
5. Мельников С.В., Алешкин В.Р., Рощин П.М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. - Л. Колос, 1972. - 202 с.
6. ГОСТ 13586.3-2015 Зерно. Правила приемки и методы отбора проб. Введ. 2016-07-01. – М.: Стандартинформ. – 2016. – 15 с.
7. Ивченко Г.И., Медведев Ю.И. Математическая статистика. – М.: 2016. – 329 с.
8. Корнев В.П. Статистика: теория статистики: учеб. пособие / Саратовский государственный социально-экономический университет. – Саратов, 2012. – 88 с.
9. Романовский В.И. Избранные труды, том 2. Теория вероятностей, статистика и анализ. – М., 2017. – 145 с.

УДК 631.362.32

### ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СФЕРЕ РАЗРАБОТКИ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

К.Н. Тишанинов, к.т.н.

ФГБНУ ВНИИТиН

г.Тамбов, Российская Федерация

**Введение.** Использование в сельхозпредприятиях зерноочистительной техники (ЗАВ, КЗС) приводит к росту травмирования зерна, выброса чистого зерна в отход и эксплуатационных затрат. Создание новой зерноочистительной техники экстенсивным путем (увеличением размеров рабочих органов машин) не продуктивно, так как ухудшает показатели использования. Интенсивный путь развития техники подразумевает повышение качества очистки без увеличения ее размеров. Поиск резервов улучшения процесса очистки зерна

требует специального анализа работы старой техники. Прежние подходы исследователей были направлены на совершенствование конструкции плоских решет, формы решетного стана, оптимизацию кинематического режима работы решета за счет наложения дополнительных полей, совершенствование механизма очистки решет [1].

**Результаты и обсуждения.** Процесс зерноочистки трудно описать математически – частицы потока зерна не только сложно перемешаются, но и взаимодействуют друг с другом и рабочими органами машин. Для описания этого процесса была создана компьютерная модель работы грохота [2]. Программа предусматривает взаимодействия частица-частица и частица-грохот и в динамике определяет положение каждой зерновки после их столкновения [3] (Рисунок 1). Компьютерная модель позволяет отслеживать кинематические параметры частиц и связывать их с кинематическими параметрами грохота.

Академиком Горячкиным В.П. было введено понятие о критической скорости зерна, превышение которой приводило к тому, что зерно проскакивало через отверстие не успевая в него застыть. Поэтому увеличение скоростного режима грохота после некоторого предела (предельная скорость решета) приводило к снижению эффективности решетной очистки.

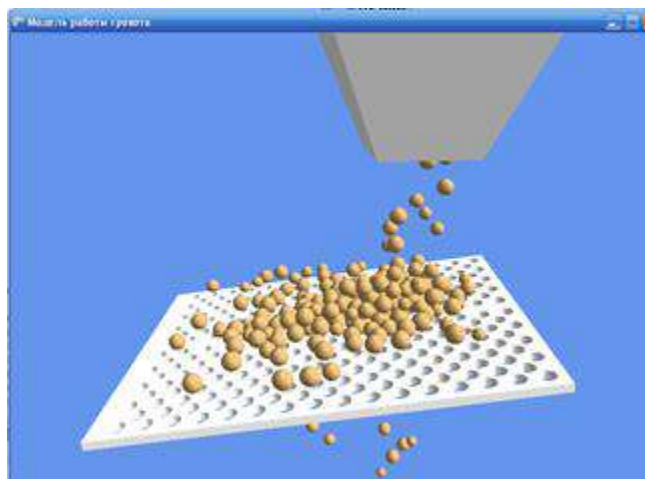


Рисунок 1 - Компьютерная модель работы грохота

Формулой для определения критической скорости зерна занимались многие ученые: П.М. Василенко, Н.А. Смирновой, В.И. Ильченко, В.В. Гортинским, В.Я. Беляцким, М.Н. Богомоловым, Л.Б. Левенсоном, В.М. Цециновским, Г.Д. Терсковым, В.И. Ильиченко, И.И. Василенко, А.В. Миняйло, Ю.М. Трофимченко, В.А. Кириченко, Б.Д. Зоновым, А.Н. Тараном, Н.А. Филатовым, П.М. Зайкой, Г.З. Файбушевичем. Они вводили в математическую взаимосвязь различные факторы: углы падения и отражения частицы, запас кинетической энергии частицы, направленность колебаний, скорость и ускорение вибрационного грохота, цилиндричность поверхности решета, форму зерна, воздействие вышележащего слоя, опережающее или отстающее движение решета, наклон решета, сопротивление среды [4].

Разработанная нами компьютерная модель работы грохота позволила провести полнофакторный эксперимент и установить основные факторы, влияющие на эффективность решетной очистки зерна:

$$E = 1 + K_{11} \cdot V - K_{12} \cdot K_{13}^L - (K_{14} \cdot q - K_{15}), \quad (1)$$

где  $V$  – амплитудное значение скорости решетного стана, м/с;

$L$  – длина сепарирующих решет, м;

$q$  - удельная нагрузка на решето, кг/м<sup>2</sup>·с;

$K_{11}, K_{12}, K_{13}, K_{14}, K_{15}$  - коэффициенты соответствия.

Функциональная зависимость для воздушной очистки следующая [5]:

$$E = 1 - K_{21} \cdot K_{22}^{B \cdot V_b^2} - (K_{23} \cdot q - K_{24}), \quad (2)$$

где  $V_b$  – скорость воздушного потока в пневмоканале, м/с;

$B$  – ширина пневмоканала, м;

$q$  - удельная нагрузка пневмоканала, кг/м<sup>2</sup>·с;

$K_{21}, K_{22}, K_{23}, K_{24}$  – коэффициенты соответствия.

Полученные взаимосвязи в дальнейшем использовались для создания эскизного проекта зерноочистительной машины. Разработка фракционной воздушно-решетной машины базировалась на анализе работы зерноочистительной машины для первичной обработки зерна ЗВС-20А (Рисунок 2).

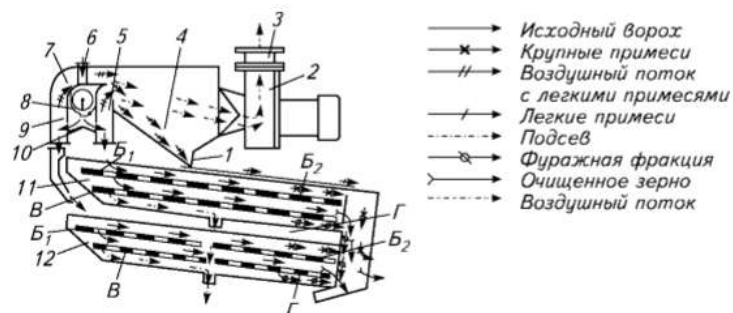


Схема воздушно-решетного зерноочистителя ЗВС-20:

1 — клапаны; 2 — вентилятор; 3 — заслонка; 4 — осадочная камера; 5, 9 — аспирационные каналы; 6 — приемная камера; 7 — загрузочные окна; 8 — делительная решетка; 10 — подпружиненные клапаны; 11 — верхний решетный стан; 12 — нижний решетный стан

Рисунок 2 – Схема машины ЗВС-20 для первичной очистки зерна

Из выполненного анализа следовало, что эффективность решетной очистки растет вместе с увеличением скорости грохота ( $V$ ) до предельного значения ( $V_{пр}$ ), после чего резко падает. С увеличением удельной нагрузки ( $q$ ) значение предельной скорости также растет. Чтобы увеличить число ( $L$ ) сортировальных и колосовых решет, не изменяя при этом размеры зерноочистительной машины, рассмотрим более подробно работу машины ЗВС-20А (Рисунок 2).

Роль фракционера выполняет решетка Б1, которое делит поток зерна на мелкую и крупную фракции. Крупная фракция идет сходом с решета и попадает на колосовое решето Б2, где очищается от крупной примеси. Фракция мелкого зерна идет проходом через решето Б1 и очищается от мелкой примеси подсевным (В) и сортировальным (Г) решетками. Аспирационная система машины ЗВС-20А очищает зерно от пыли. Увеличить эффективность решетной очистки можно переложив функцию фракционирования зерна с решетного стана на аспирационную систему. Для этого нами был разработан пневмофракционер [6]. Это один из стандартных методов ТРИЗ [7] – перенос функции системы в надсистему. Тогда вместо решета Б1 можно использовать колосовое решето Б2, а вместо подсева (В) сортировальное (Г) (Рисунок 3).

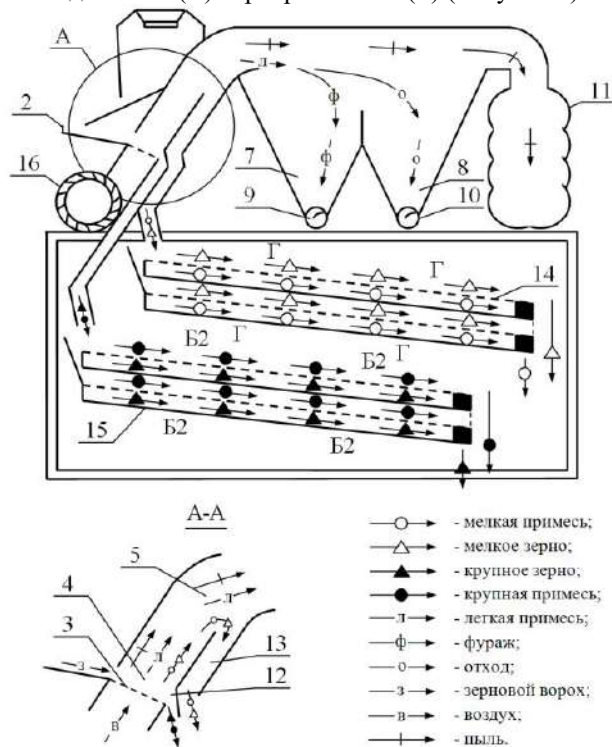


Рисунок 3 – Схема фракционной воздушно-решетной машины

Таким образом число сепарирующих решет ( $L$ ) было увеличено в два раза при сохранении габаритов зерноочистительной машины. Задача интенсификации процесса послуборочной очистки зерна была достигнута. Дальнейшее совершенствование проекта зерноочистительной машины шло с помощью функционально-стоимостного анализа (ФСА).

При этом учитывалось, что легкая фракция может содержать крупные примеси, а тяжелая - мелкие. Т.е. легкую и тяжелую фракции зерна необходимо очищать последовательно сортировальными и колосовыми

решетам. Активный слой сортировального решета (в отличие от колосового решета) не уменьшается по длине. По этой причине нами было принято решение об увеличении количества сортировальных решет в 2 раза. Функционально-стоимостной анализ показал, что увеличение количества решет в одном ярусе до 3-х не существенно отразится на стоимости зерноочистительного агрегата ЗАВ-40, в то время как эффективность воздушно-решетной очистки возрастет значительно (см. формула 1). Окончательный вариант зерноочистительной машины показан на рисунке 4 [8].

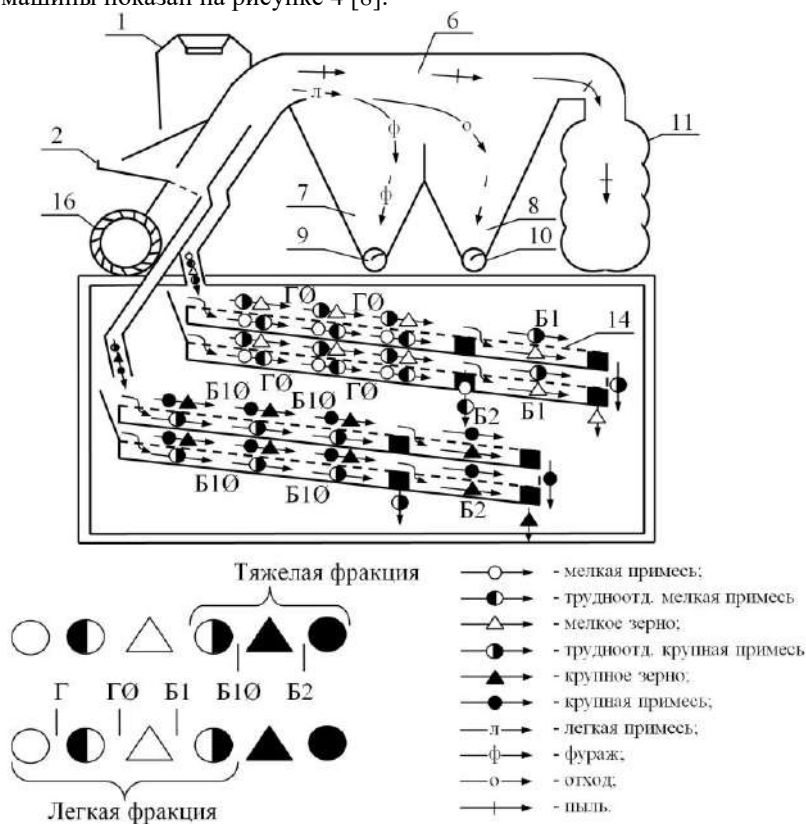


Рисунок 4 - Конструктивная схема фракционной воздушно-решетной машины

Предложенная зерноочистительная машина работает следующим образом. Зерно из приемного устройства попадает на вибролоток, где мелкие примеси всплывают. Аспирационная система выделяет легкие примеси и делит поток зерна на тяжелую и легкую фракции. В дальнейшем каждая фракция доочищается от мелкой и крупной примеси до фракции семян и продовольственного зерна.

**Выводы.** Разработанная компьютерная модель позволила выявить основные факторы, влияющие на эффективность решетной очистки. Полученные таким образом знания позволили обосновать резервы интенсификации процесса сепарации зерна и легли в основу разработки фракционной воздушно-решетной машины.

#### Литература

1. Тишанинов К.Н. Основные тенденции развития решетных сепараторов // Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции - новые технологии и техника нового поколения для АПК: Сборник научных докладов XX Международной научно-практической конференции, Тамбов, 26–27 сентября 2019 года. – Тамбов: Студия печати Галины Золотовой, 2019. – С. 91-97.
2. Тишанинов К.Н. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019615523 Российская Федерация. Компьютерная модель работы грохота: № 2019613788: заявл. 08.04.2019 : опубл. 26.04.2019.
3. Тишанинов К.Н. Компьютерная модель работы грохота // Наука в центральной России. – 2016. – № 5(23). – С. 4-13.
4. Тишанинов К.Н. Исследование предельной скорости решета с помощью компьютерной модели грохота // Наука в центральной России. – 2017. - №5(29), с. 12...21.
5. Тишанинов К.Н. Теоретическое обоснование эффективности процесса пневмосепарирования зерна // Наука в центральной России. – 2020. – № 2(44). – С. 52-58.
6. Тишанинов К.Н. Патент № 2641726 С1 Российская Федерация, МПК В07В 4/08. Пневмоканал для очистки зерна: № 2016141723: заявл. 24.10.2016 : опубл. 22.01.2018.
7. Альтшуллер Г.С. Найти идею // Введение в ТРИЗ – теорию решения инженерных задач. Москва, 2011.
8. Тишанинов К.Н. Патент № 2706095 С1 Российская Федерация, МПК В07В 4/02, А01F 12/44. Воздушно-решетная зерноочистительная машина: № 2018123397: заявл. 27.06.2018 : опубл. 13.11.2019.



УДК 631.362.322

**УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН С ПОМОЩЬЮ  
ГРАВИТАЦИОННОГО СЕПАРАТОРА GA310**

Х. Д. Д. Альшинайинн, к.т.н.

ФГБНУ ВНИИТнН

г. Тамбов, Российская Федерация

**Введение.** Комплекс технологических операций (от подготовки почвы до хранения зерна) определяет качество семян. Послеуборочные операции с зерновыми культурами (такие как очистка и сортирование) являются первыми и наиболее важными операциями, которые необходимо проводить для удаления примесей из зерновой смеси, для разделения зерна на разные части (классы) и для получения зерна и семян в соответствии с требуемыми техническими характеристиками. Семена определяют по сортовым и посевным качествам согласно ГОСТ Р 52325-2005 [1], таблица 1.

Таблица 1. Сортовые и посевные качества семян основных культур

Категория семян	Сортовая чистота, %, не менее	Поражение посева головней, %, не более	Чистота семян, %, не менее	Содержание семян других растений, шт./кг, не более		Примесь, %, Не более		Всхожесть, %, не менее
				всего	в т.ч. сорных	Головневых образований	Склеротций, спорыньи	
<b>Пшеница* и полба</b>								
ОС	99,7	0/0	99,0	8	3	0	0	92
ЭС	99,7	0,1/0	99,0	10	5	0	0,01	92
РС	98,0	0,3/0,1	98,0	40	20	0,002	0,03	92
РСт	95,0	0,5/0,3	97,0	200	70	0,002	0,05	87
<b>Рожь</b>								
ОС	-	0	99,0	8	3	0	0	92
ЭС	-	0	99,0	10	5	0	0,03	92
РС	-	0,3	98,0	60	30	0,002	0,05	92
РСт	-	0,5	97,0	200	70	0,002	0,07	87
<b>Ячмень</b>								
ОС	99,7	0/0	99,0	8	3	0	0	92
ЭС	99,7	0,1/0	99,0	10	5	0	0,01	92
РС	98,0	0,3/0,3	98,0	80	20	0,002	0,03	92
РСт	95,0	0,5/0,5	97,0	300	70	0,002	0,05	87
<b>Овес</b>								
ОС	99,7	0	99,0	8	3	0	0	92
ЭС	99,7	0,1	99,0	10	5	0	0,01	92
РС	98,0	0,3	98,0	80	20	0,002	0,03	92
РСт	95,0	0,5	97,0	300	70	0,002	0,05	87
<b>Гречиха</b>								
ОС	-	-	99,0	15	8	-	-	92
ЭС	-	-	98,5	20	10	-	-	92
РС	-	-	98,0	100	60	-	-	92
РСт	-	-	97,0	120	80	-	-	87
<b>Просо</b>								
ОС	99,8	0	99,0	16	10	-	-	92
ЭС	99,8	0	98,5	30	20	-	-	92
РС	99,5	0,1	98,0	150	100	-	-	92
РСт	98,0	0,3	97,0	200	150	-	-	85
<b>Горох посевной и полевой (пелюшка)</b>								
ОС	99,7	-	99,0	3	0	-	-	92
ЭС	99,7	-	98,5	5	0	-	-	92
РС	98,0	-	98,0	20	3	-	-	92
РСт	95,0	-	97,0	30	5	-	-	87

\*Всхожесть семян твердой пшеницы на 2% ниже.

Зерновая смесь, которая поступает с поля после процесса уборки различными методами (традиционными или механическими), содержит различные примесные материалы, включая части основной культуры (зараженные зерна, зрелые зерна, незрелые зерна), и легкоотделимые и трудноотделимые примеси зерен других культур рис 1[2].

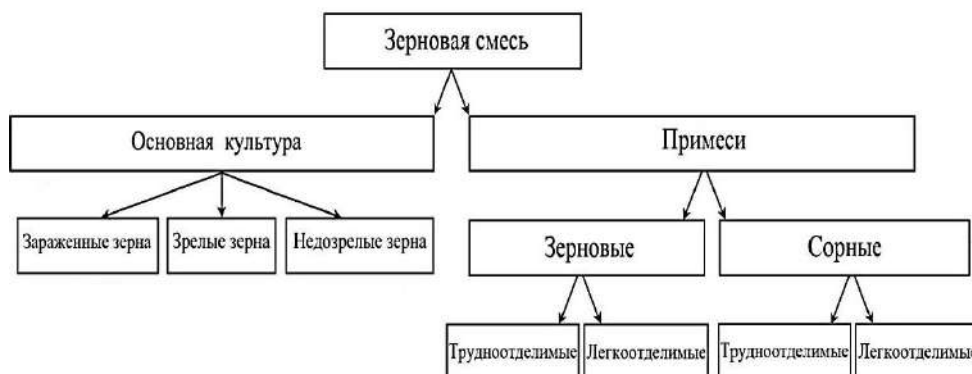


Рисунок 1– Состав зерновой смеси

Посторонние примеси, присутствующие в зерносмеси (кустарниковые початки, камни, сенная пыль и грязь) очищают традиционными или современными методами [3].

Их можно удалить с помощью различных приспособлений, таких как перфорированные металлические сита, перфорированные цилиндры и потоки воздуха.

Вес семян играет важную и основополагающую роль в повышении урожайности, так как при увеличении веса увеличивается доля жизненно важных элементов и урожайность. Считается необходимым стандартизировать размер семян и компоненты для повышения урожайности [4].

Предварительный, первичный очиститель и сортировщик используются для сортировки семян по размеру семян, а гравитационный сепаратор отделяет семена на основе их удельного веса. Гравитационный сепаратор отделяет семена на основе насыпной плотности.

Одним из наиболее эффективных способов очистки семян является удаление зараженных или атрофированных семян гравитационным сепаратором в зависимости от удельной массы зерна (плотности) –так как от качества семян зависит густота посева. Классификация современных типов пневмосортировальных столов показана на рис. 2.



Рисунок 2 – Классификация вибропневмосепараторов

**Результаты и обсуждени.** Чтобы очистить и сортировать смеси зерна содержащего трудноотделимые примеси, применяют зернную машину GA310 в составе зерноочистительного агрегата ЗАВ. Принцип работы пневмосортировального стола GA310 зависит от следующих факторов: частоты вибрации, наклона поверхности и скорости воздуха при отделении семян [5].

Можно отделить на пневмосортировальных гравитационных столах такие трудноотделимые примеси как поврежденное, пустое семя, овсюг, щуплое зерно, проросшие зерна и зерна других культур.

Благодаря калибровке по удельному весу получают выровненные элитные семена с наибольшим удельным весом. Многие компании, производящие гравитационные сепараторы, варьируют их типы в

зависимости от производительности. Одной из таких машин является GA310, которая производится компанией Кимбрия. Основные части гравитационного сепаратора GA310 показаны на рисунке 3.



- 1- Приемный бункер предварительного хранения, 2- Электромагнитный виброподатчик, 3- Каскад, 4- Частичный пылеулавливающий колпак, 5- Полный пылеулавливающий колпак, 6a- Разгрузочный бункер для тяжелого продукта, 6b- Вибрационный разгрузочный желоб с камнеуловителем для тяжелого продукта, 7a- Вибрационный разгрузочный желоб для легкого продукта, 7b- Бункер для выгрузки в мешок.
- Рисунок 3 - Основные части гравитационного сепаратора GA310

Необходимо подавать только обработанный чистый продукт в гравитационный сепаратор (то есть после очистителя, триерного блока, машины для сортировки по размеру и т.д.). Корректный выбранный тип покрытия деки, регулярная очистка покрытия деки, минимальное содержание пыли во входящем продукте являются необходимыми условиями для достижения оптимальной работы сепаратора, поэтому зерновую массу перед подачей в машину необходимо очистить на сито-воздушном сепараторе и триерах, и обеспечить влажность соответствующую данному продукту. Гравитационный сепаратор GA310 может поставляться как в составе линии, так и как отдельная машина.

Технические данные машины GA310 [5] представлены в таблице 2.

Таблица 2. Технические характеристики Гравитационного сепаратора GA310

№	Наименование показателя	Единица измерения	Значение показателя
1	Производительность		
1-1	Кукуруза, пшеница, соя	т/ч (фунт/ч)	15,0 (33.000)
1-2	Горох		11,0
1-3	Клевер, семена рапса		6,0
1-4	Зеленый кофе		12,0
2	Привод вентилятора	кВт (л. с.)	15 (20,1)
3	Эксцентриковый привод	кВт (л. с.)	1,1 (1,5)
4	Площадь деки	м <sup>2</sup> (фут <sup>2</sup> )	5,5 (59,2)
5	Расход воздуха	м <sup>3</sup> /мин (CFM)	550 (19.428)
6	Габаритные размеры		
6-1	Длина	мм (дюйм)	3877 (153)
6-2	Ширина		2106 (83)
6-3	Высота		1710 (67)
7	Вес нетто	кг(фунт)	2440 (5.379)

Принцип работы машины GA310 заключается в следующем (рисунок 3). Зерносмесь подается в приемный бункер предварительного хранения, после чего эта смесь, поступающая на пневмосортировальный стол через электромагнитного виброподатчика и каскада, разделяется по плотности на шесть фракций. Псевдооживленные слои образуются за счет линейного движения эксцентрикового привода, а также сжатого воздуха, подаваемого через металлическую сетку или текстильное покрытие деки гравитационного сепаратора.

При этом наиболее тяжелые зерна перемещаются по металлочанной деке вдоль поверхности и поступают в три выпускные воронки, расположенные вдоль наружной кромки стола.

Вдоль этой кромки закреплены поворачивающиеся заслонки, при помощи которых регулируют поступление продукта в выпускные воронки.

Вдоль сортировального стола более легкие, поврежденные зерна, а также легкие примеси всплывая на поверхность зерновой смеси, движутся выше рифов. Эти фракции зерна выпускаются из воронок, расположенных в торцевой части стола.

Такая сортировка дает возможность получить целый спектр фракций, начиная с фракции легких частиц (красный цвет) до фракции тяжелых частиц (зеленый цвет). Благодаря конвейерной системе и наклону деки легкие частицы в верхнем слое движутся вниз к нижней части деки (красный цвет), в то время как тяжелые частицы в нижнем слое направляются к верхней части деки (зеленый цвет).

Гравитационный сепаратор предназначен для разделения по удельному весу любых зерновых и гранулированных продуктов, частицы которых имеют приблизительно одинаковый размер, составляющий, как правило, от 0,5 мм (мелкие семена) до 20 мм (бобы). Обрабатываемый продукт разделяется гравитационным сепаратором на несколько фракций с разным удельным весом по принципу псевдооживления.

Зерна непрерывно питаются на поверхности разделяющей палубы, обеспечивая равномерное распределение материала на поверхности палубы рис 4.

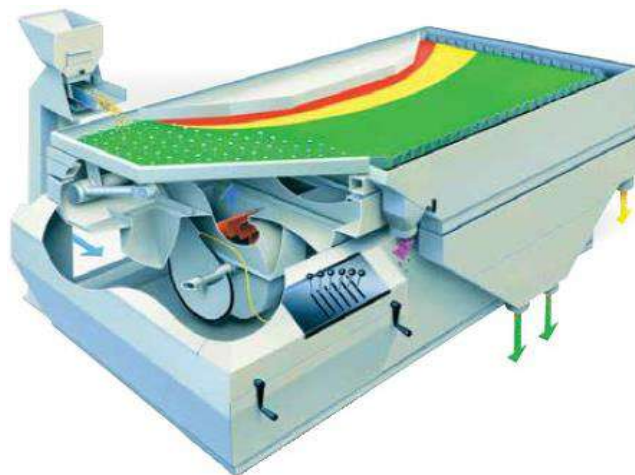


Рисунок 4 - Движение зерен по поверхности машины (Гравитационный сепаратор GA310)

Преимущества пневмосортировального стола GA310: высокая точность регулировки параметров сортировки, что позволяет добиться оптимальных режимов; высокая производительность, соизмеримая с большими линиями очистки; высокопрочная конструкция; использование деки особой конструкции, значительно повышающей качество сортировки.

#### **Выводы:**

1. Применение гравитационного сепаратора повышает эффективность послеуборочной очистки до 98% и позволяет выбирать из зернового вороха наиболее крупные зерна для семенного материала.
2. Семена различных культур значительно отличаются по плотности. Этот признак используют для сепарирования трудноотделимых примесей с помощью пневматического сортировочного стола.
3. В технологии очистки семян, пневмосортировальный стол может быть использован только после очистки семян на сито-воздушном сепараторе и триерах.
4. Пневмосортировальный стол необходим и незаменим в линиях очистки для получения семян, соответствующих техническим требованиям и стандартам.
5. Необходимо выполнить калибровку сепаратора (скорость воздушного потока и угол наклона передней и боковой сторон стола) для высокой эффективности очистки.

#### **Литература**

1. ГОСТ Р 52325-2005. Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые и посевные качества. // Семена сельскохозяйственных растений. Общие технические условия. – М.: Издательство стандартов, 2005.-24с.
2. Галкин В.Д. Технологии, машины и агрегаты послеуборочной обработки зерна и подготовки семян/ В.Д. Галкин, А.Д Галкин // Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н.Прянишникова.– Пермь ИПЦ «Прокрость» 2021.
3. Bencini, M.C. (1991): Post-harvest and Processing technologies of African staple foods; a technical compendium, Rome: FAO.
4. Bishaw, Z., and A.J.G. Vangastel. 1996. Components of seed quality. In: Proc. A train – the trainer’s workshop.
5. Patil S. K., Bansod S. V. Study the Effects of Some Parameters on Seed Grading in Gravity Separator. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Vol. 3 Issue 1, January – 2014.
6. [https://cimbria.ro/wp-content/uploads/2022/07/GravitySeparator\\_GB\\_web.pdf](https://cimbria.ro/wp-content/uploads/2022/07/GravitySeparator_GB_web.pdf).

УДК 633.2.031

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОЧИСТКИ СЕМЯН ЛЮЦЕРНЫ**

**Д.С. Тарабрин, Е.Н. Шебалин, В.А. Гулевский**

ФГБНУ ВНИИЗР

*Воронежская область, Рамонский район, п. Рамонь, Российская федерация*

Обеспеченность посевным материалом собственного производства играет значимую роль в деятельности и развитии Российского агропромышленного комплекса в условиях санкционного давления западных стран [5]. В настоящее время абсолютное большинство сельскохозяйственных предприятий растениеводческой направленности, в Российской Федерации обеспечены технологическими линиями послеуборочной обработки зерна и подготовки семян, которые осуществляют очистку вороха, привезенного с поля, по комплексу параметров. Несмотря на универсальность применяемых линий для очистки семян сельскохозяйственных культур, зачастую получение качественного посевного материала мелкосемянных культур с их помощью затруднительно из-за наличия в комбайновом ворохе множества засорителей с различными свойствами [6, 7].

Одной из наиболее востребованных мелкосемянных культур в нашей стране является люцерна. Повышение качества посевного материала люцерны является актуальной проблемой в связи с активным распространением карантинного сорняка повилики на её семенных посевах. Сложный состав комбайнового вороха люцерны, имеющий множество различных включений, а также наличие семян особо заразного сорняка повилики делает задачу подготовки семян люцерны от примесей крайне сложной [3, 8]. Для обеспечения качественной очистки семян сельскохозяйственных культур необходимо провести анализ комбайнового вороха и определить его состав и свойства его компонентов. Полученные результаты определения физико-механических свойств семян основной культуры и засорителей позволят правильно подобрать рабочие органы и режимы их работы на зерноочистительных агрегатах и подобрать схему очистки семян [5, 8].

В рамках выполнения научно-исследовательской работы в лаборатории механизации ФГБНУ «ВНИИЗР» были проведены исследования по определению состава и физико-механических свойств вороха семян люцерны. Образцы вороха были отобраны в ООО «ЭкоНива» п. Красный, Бобровского района Воронежской области. Для исследований был отобран комбайновый ворох семян люцерны сорта «Планет» урожая 2022 года. Образцы отбирали согласно ГОСТ «Семена сельскохозяйственных культур. Правила приемки и методы отбора проб» [1]. Экспериментальные исследования исходного вороха люцерны проводили в соответствии с общепринятыми методиками и известным ГОСТ [2].

Для определения состава комбайнового вороха люцерны и массовой доли компонентов отобранные образцы разделяли на круглых и щелевых лабораторных ситах с использованием решетного классификатора РЛ-1. Для изучения распределения исходного вороха по фракциям использовали лабораторные сита с круглыми отверстиями диаметром: 5,0; 3,0; 2,0; 1,5; 1,3; 1,2; 1,1; 1,0; 0,8; мм и щелевые сита с шириной щели: 3,0; 2,5; 2,0; 1,7; 1,5; 1,4; 1,3; 1,2; 1,0. На круглых и щелевых ситах разделяли два одинаковых образца. В таблице 1 показано распределение компонентов вороха люцерны по размерам на ситах с круглыми отверстиями, в таблице 2 – щелевыми просечками

Таблица 1 – Распределение компонентов вороха люцерны по размерам на ситах с круглыми отверстиями, г

Размер, мм	Семена люцерны	Щуплые и поврежденные	Невымолоч. бобы	Семена сорняков	Семена повилики	Биол. примесь	Мин. примесь
3,0	0,000	0,000	5,750	0,150	0,00000	14,420	0,000
2,0	0,073	0,030	0,650	0,090	0,00000	11,360	0,010
1,5	9,588	4,625	0,333	0,222	0,00000	5,180	0,021
1,3	20,672	2,495	0,000	0,110	0,00000	2,754	0,015
1,2	6,722	0,730	0,000	0,023	0,00000	2,062	0,001
1,1	1,513	0,172	0,000	0,009	0,00126	1,376	0,000
1,0	0,250	0,055	0,000	0,000	0,00063	1,160	0,000
0,8	0,020	0,069	0,000	0,000	0,00000	3,040	0,005
0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00000	1,940	0,000

Таблица 2 – Распределение компонентов вороха люцерны по размерам на ситах с щелевыми просечками, г

Размер, мм	Семена люцерны	Щуплые и поврежденные	Невымолоч. бобы	Семена сорняков	Семена повилики	Биол. примесь	Мин. примесь
1,5	0,010	0,000	14,141	0,350	0,00000	75,800	0,050
1,4	0,225	0,120	0,961	0,185	0,00000	76,350	0,180
1,3	0,480	0,085	0,701	0,090	0,00000	4,980	0,000
1,2	0,220	0,025	0,410	0,050	0,00060	2,130	0,010
1,0	46,570	1,580	0,820	0,260	0,00440	10,355	0,045
0,0	50,020	14,080	0,011	0,175	0,00180	41,200	0,110

Из каждой фракции отбирали по 3 навески весом 20...25 г. Навески вручную разбирали на разборных досках, определяя наличие различных компонентов в ворохе и их процентное соотношение [1].

Затем определили содержание в ворохе компонентов каждой фракции в процентах.

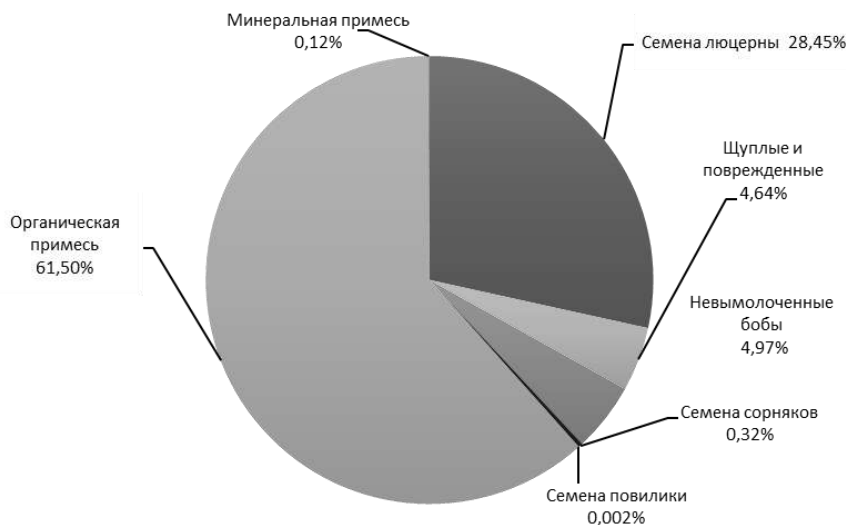


Рисунок 1 – Массовая доля компонентов комбайнового вороха люцерны

Установлено, что комбайновый ворох содержит в среднем 30% семян люцерны (рисунок 1) в свободном виде, более 60% всего вороха составляют биологические примеси, в том числе семена прочих сельскохозяйственных культур (таких как рожь) и зерновая примесь. Содержание щуплых и поврежденных семян люцерны с низкой массой 1000 семян, в среднем находится на уровне 4-6 %, а содержание необмолоченных бобов люцерны в пределах 5-6%. Семена сорняков составляют около 0,4%, в том числе семена повилики около 0,002 % от общей массы. Минеральная примесь присутствовала в образцах с долей в 0,1 % в качестве пыли и мелких камешков. Следует отметить, что крайне малое содержание семян повилики в совокупности с большим количеством компонентов и диапазоном различаемых характеристик – являются условиями, при которых обнаружение семян повилики в исследуемых образцах имеет низкую вероятность.

Определение аэродинамических характеристик компонентов комбайнового вороха люцерны проводили на парусном классификаторе конструкции ВИМ. Образцы комбайнового вороха подвергали воздействию восходящего воздушного потока в вертикальном пневмоканале с различной скоростью воздуха поочередно, начиная с 1,5 м/с и заканчивая 10 м/с [2]. На каждом этапе выделялось некоторое количество компонентов, которые взвешивали, после чего, вынесенная фракция на каждой скорости витания, была разделена на составляющие с последующим определением массовой доли компонентов вороха.

Таблица 3 – Распределение компонентов комбайнового вороха люцерны по скоростям витания, г

V, м/с	Семена люцерны	Щуплые и поврежденные	Невымолоч. бобы	Семена сорняков	Семена повилики	Биол. примесь	Мин. примесь
2,6	0,000	0,680	0,430	0,016	0,0000	47,180	0,000
3,2	0,180	7,445	3,060	0,100	0,0000	23,600	0,000
4,2	2,570	4,205	6,940	0,270	0,0038	6,720	0,000
4,8	13,180	2,770	4,111	0,150	0,0018	2,090	0,000
5,8	59,615	0,670	1,942	0,415	0,0006	1,420	0,000
6,4	21,500	0,080	0,470	0,060	0,0006	1,870	0,025
7,2	0,230	0,010	0,080	0,020	0,0000	4,490	0,080
7,9	0,110	0,015	0,001	0,010	0,0000	15,395	0,030
9,0	0,140	0,015	0,010	0,070	0,0000	108,050	0,260

По результатам определения состава комбайнового вороха определены зависимости, отражающие параметры исходного материала, которые позволяют определить оптимальные параметры рабочих органов зерноочистительных машин для выделения чистых семян люцерны.

В ходе исследований установлено, что оптимальными для изучения распределения компонентов вороха люцерны являются следующие значения: скорость воздушного потока при исследовании скоростей витания компонентов вороха в пределах 2,8 – 8,3 м/с; щелевые сита с шириной 1,0 – 1,5 мм.; круглые сита с отверстиями диаметром от 0,8 до 3,0 мм.

Для определения массового состава и изучения распределения компонентов исходного вороха по установленным параметрам подготовленные заранее образцы были разделены на парусном классификаторе по скоростям витания равные 2,80; 3,40; 4,20; 4,80; 5,80; 6,40; 7,00; 7,80; 8,30 м/с, после чего каждая фракция по

скорости витания была разделена на ситах с круглыми отверстиями 3,0; 2,0; 1,5; 1,3; 1,2; 1,1; 1,0; 0,8; мм. Далее ворох с каждого сита разбирался на отдельные компоненты, а именно: кондиционные семена люцерны; щуплые семена люцерны; необмолоченные бобы; семена повилики; семена других сорных растений; органическая примесь и минеральная примесь. Каждый компонент взвешивали и данные заносили в таблицу соответственно размеру сита и скорости витания каждого образца. При определении массового распределения компонентов вороха на щелевых ситах использовали сита с шириной щели: 1,5; 1,4; 1,3; 1,2; 1,0 мм. и повторяли действия аналогично.

Анализ полученных данных в графическом виде позволяет судить о характере массового распределения компонентов вороха по аэродинамическим и размерным характеристикам.

На рисунке 2 представлено распределение компонентов комбайнового вороха люцерны по аэродинамическому параметру – критической скорости витания.

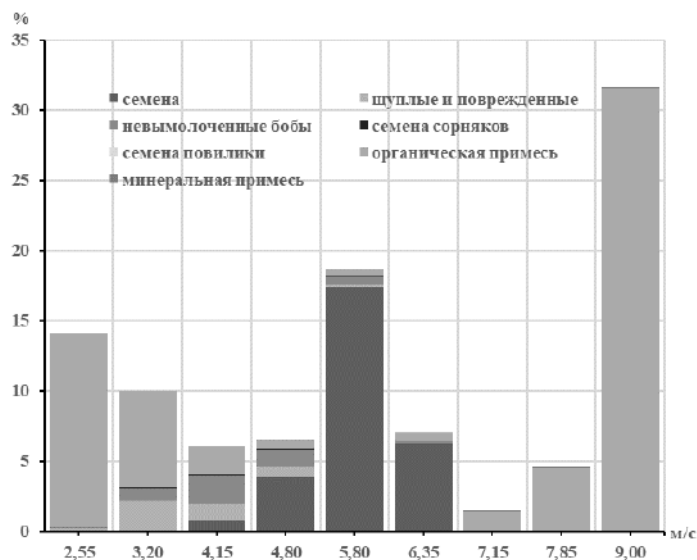


Рисунок 2 – Распределение компонентов вороха по скоростям витания

Нужно отметить многовершинный характер распределения массы навески, что в свою очередь обосновано наличием большого количества компонентов отличных по аэродинамическим параметрам от характеристики семян люцерны. При более детальном рассмотрении распределения компонентов исходного вороха видно, что практически все компоненты смеси по отдельности имеют нормальный характер распределения за исключением органических примесей. Такой характер распределения органики по скорости витания в комбайновом ворохе объясняется тем, что к примесям органического характера относились одновременно стебли, солома, соломистые включения, обмолоченные бобы, которые имеют большой коэффициент парусности, и семена других культурных растений, в том числе зерновая примесь. Распределение компонентов со схожими параметрами имеют характеристику максимально близкую к нормальному распределению. Так семена люцерны имеют скорость витания в пределах от 4 до 7 м/с, а основная масса семян от 4,5 до 6,5 м/с, пиком распределения является скорость витания 5,8 м/с. Щуплые и поврежденные семена имеют скорость витания от 2,5 до 5,5 м/с, максимальное количество выносятся при скорости воздушного потока в 3,2 м/с. Необмолоченные бобы, в сравнении с обмолоченными имеют более высокую критическую скорость витания, которая распределяется в пределах от 2,5 до 5,5 м/с. Наибольшее количество необмолоченных бобов выделяется воздушным потоком со скоростью близкую к 4 м/с. По результатам исследований, следует отметить, что по аэродинамической характеристике можно удалить большую часть примесей, составляющих комбайновый ворох, без значимых потерь семян люцерны.

Разбор образцов позволил определить возможность разделения семян люцерны и повилики по критической скорости витания. На рисунке 3 представлены графики, отображающие распределение семян люцерны и исследуемого засорителя по скорости витания при разделении исходного вороха. Видно, что вершины распределений основной культуры и семян карантинного сорняка расположены на различных скоростях воздушного потока и имеют разницу в 2 м/с. Так основная часть семян растения паразита – повилики будет выноситься при скорости воздушного потока чуть более 4 м/с., тогда как доля семян люцерны, выносимой при этой скорости потока, составит менее 3%. Кроме того, при такой скорости витания вынесенные семена люцерны характеризуются низкой массой 1000 семян – менее 1,5 грамм. Кроме прочего, в результате разбора образцов по скоростям витания, семена люцерны, имеющие высокие посевные качества и с массой 1000 семян более 2 грамм, выносятся воздушным потоком со скоростью 5 м/с и выше. Из этого следует, что при воздействии воздушным потоком со скоростью до 5 м/с можно выделить из комбайнового вороха люцерны до 80% семян повилики при этом сохранив основную часть семян люцерны. Вынесенные в результате пневмосепарации семена люцерны мало пригодны в качестве посевного материала ввиду низкой массы 1000

семян. В свою очередь в массовом отношении оставшихся семян повилики к массе семян люцерны, доля семян карантинного сорняка составит всего 0,0015 %.

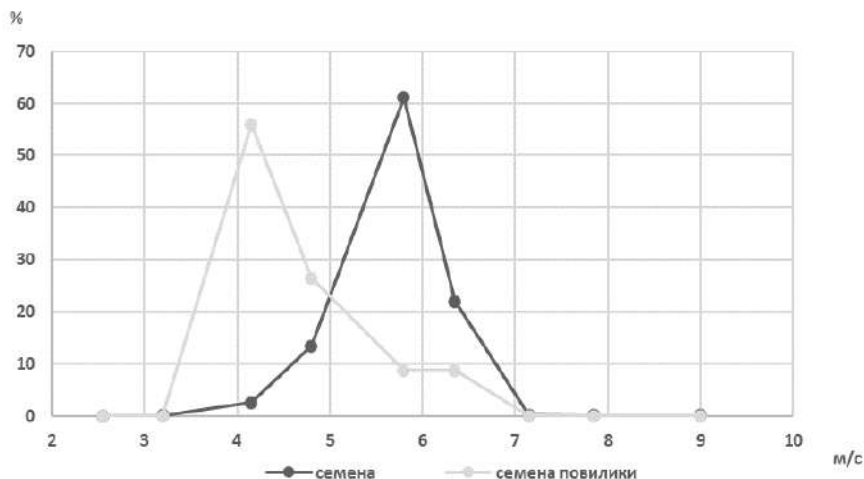


Рисунок 3 – Аэродинамические характеристики семян люцерны и повилики

Несмотря на возможность удаления большей части семян повилики из вороха люцерны по аэродинамическим параметрам, их невозможно полностью удалить воздушным потоком. Кроме семян повилики, так же в ворохе присутствуют семена и других сорняков, около 10 видов, некоторые из которых имеют схожие аэродинамические характеристики с семенами люцерны.

Исследование распределения компонентов вороха по размерным характеристикам позволило установить возможность удаления того или иного компонента с помощью сит. На рисунках 4, 5 представлены распределения компонентов комбайнового вороха люцерны по толщине и ширине.

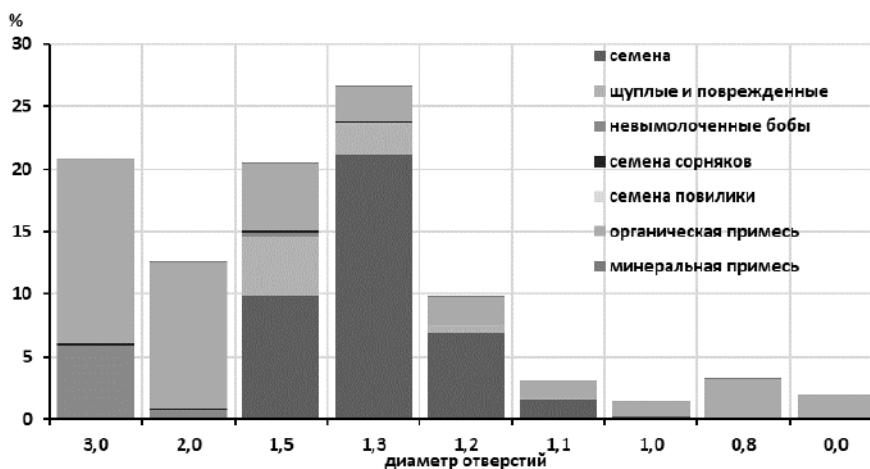


Рисунок 4 – Распределение компонентов вороха по ситам с круглыми отверстиями

В сравнении с разделением по скорости витания здесь можно отметить, что на ситах точнее отделяются необмоленные бобы люцерны, при чем на ситах с щелевыми просечками разделение более четкое. Кроме того, на щелевых ситах более полно выделяются крупные органические примеси без потерь семян люцерны. Щуплые же семена в обоих вариантах имеют те же размерные характеристики, что и хорошие семена люцерны.

Исследование компонентов вороха люцерны по размерным характеристикам также позволило установить, что высокую степень делимости мелких компонентов можно получить при их разделении на круглых ситах.

На рисунке 6 представлены графики распределения семян сорняков, повилики и люцерны по размерам на круглых ситах, где отчетливо видно, что вершины всех графиков располагаются на разных значениях, а это значит, что основная масса семян люцерны имеет средний размер больше, чем основная часть семян повилики и меньший, чем большая часть семян прочих сорняков.

Результаты исследований физико-механических параметров компонентов комбайнового вороха люцерны позволяют говорить о том, что семена люцерны возможно очистить от примесей, содержащихся в исходном материале комбинированным способом очистки. Важным условием является большое количество органических примесей различных по размерам и аэродинамическим характеристикам. Для повышения эффективности очистки семян люцерны от примесей необходимо очистку вороха осуществлять фракционным методом. Анализ комбайнового вороха позволил определить, что при разделении на щелевом сите с шириной щели 1,4 мм.



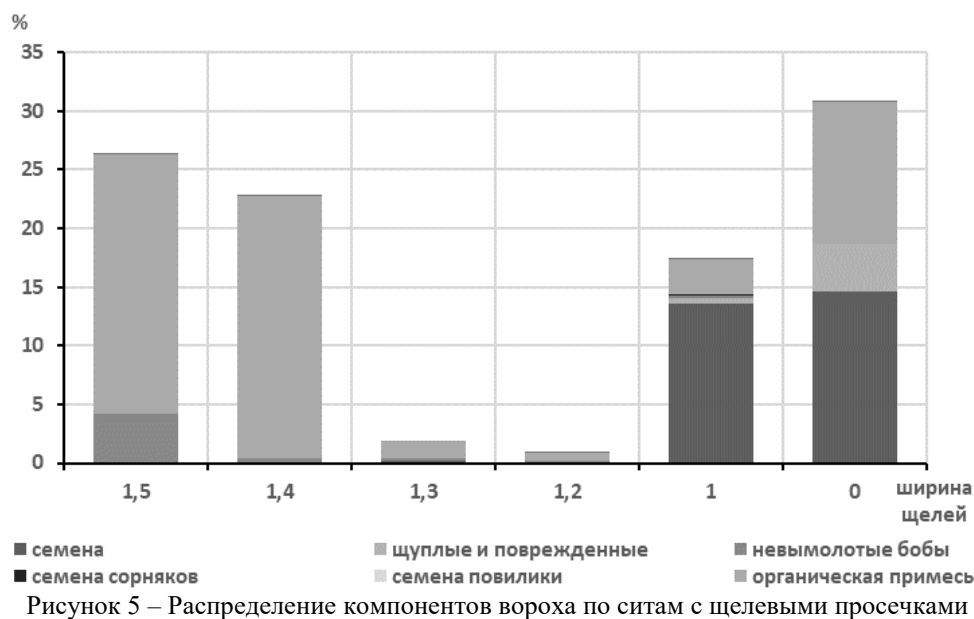


Рисунок 5 – Распределение компонентов вороха по ситам с щелевыми просечками

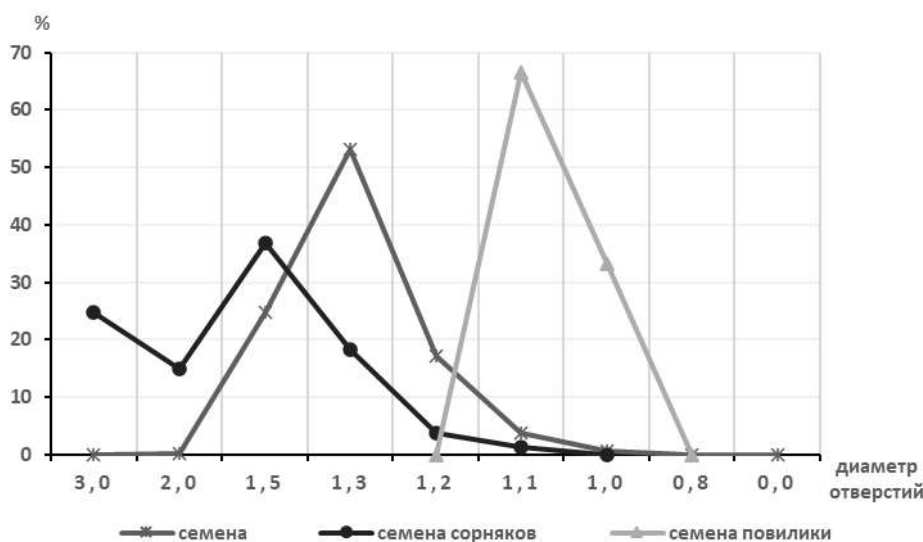


Рисунок 6 – Распределение мелких компонентов вороха люцерны на ситах с круглыми отверстиями

Можно выделить из материала органические примеси объемом до 40 % от начальной массы вороха. По результатам исследований видно, что для выделения легковесных примесей в камере предварительной аспирации достаточно скорости воздушного потока 3,5 м/с, которая обеспечит удаление органических примесей в массовом соотношении около 20 % от первоначальной массы, в итоге после двух операций из первоначального вороха будет удалена большая часть засорителей. Далее для выделения оставшихся крупных примесей из материала рекомендуется использовать сито с круглыми отверстиями диаметром 2 мм, на сите с круглыми отверстиями диаметром 1,2 мм удалиться большинство мелких примесей, в том числе семена повилики и других сорняков. На стадии конечной очистки по аэродинамическим параметрам эффективнее будет использовать вертикальный пневмоканал со скоростью воздуха не более 4 – 4,5 м/с. Очистка комбайнового вороха с данными параметрами позволит добиться чистоты семенного материала 99,45 % при потерях свободных семян не более 1 %.

#### Литература

1. ГОСТ 12038–84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. – введ. 01.07.1986. – М.: Изд-во стандартов, 2011. –31 с.
2. ГОСТ 30483-97 «Зерно. Методы определения общего и фракционного содержания сорной и зерновой примесей; содержание мелких зерен и крупности; содержание зерен пшеницы, поврежденных клопом-черепашкой; содержание металломагнитной примеси». – Взамен ГОСТ 13586.2-81, ГОСТ 13586.4-83 в части 3.4 и 3.5; введ. 1998-07-01. – Минск.: Изд-во стандартов, 2009. – 23 с.
3. Ли А. О физико-механических свойствах и приемах уборки и очистки семян люцерны / А. Ли, С.У.

Аллагиязов, Ш.Н. Рузиев // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2018. – №3. – С.17-24.

4. Методические указания по очистке семян клевера лугового и люцерны от карантинных и трудноотделимых сорняков /РАСХ, ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса. – М., 2003. –29 с.

5. Тарабрин Д.С. и др. К вопросу сортировки мелкосемянных культур / Д.С. Тарабрин, Е.Н. Шебалин, В.А. Гулевский // В сборнике: Прикладные вопросы физики (к 120-летию со дня рождения академиков И.В. Курчатова и А.П. Александрова / мат. научн.-практ. конф. – Воронеж, –2022. – С.175-181.

6. Тарабрин Д.С. Совершенствование процесса пневмосепарации зернового вороха на двухаспирационных зерноочистительных машинах: дис. канд. техн. наук: 05.20.01 /Д.С. Тарабрин. – Воронеж, 2018. – 159 с.

7. Тарабрин Д.С., Шебалин Е.Н. Методы борьбы с повиликой в посевах люцерны / Д.С. Тарабрин, Е.Н. Шебалин // Сборник международной научн.-практ. конф. молодых ученых и специалистов «Инновационные технологии и технические средства для АПК», посвященная 110-летию / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I». – 10-11 ноября 2022.

8. Юсубалиев А., Шарипов Ш.Н. Влияние некоторых свойств семян на технологию очистки люцерны от засорителей // Проблемы современной науки и образования. – 2021. – № 11 – С. 21-26.

УДК 631.334

### **О НАДЕЖНОСТИ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

**Г.Н. Ерохин, к.т.н., В.В. Коновский, ведущий инженер, И.А. Першин, м.н.с.**

ФГБНУ ВНИИТиН

*г. Тамбов, Российская Федерация*

Исследования в области надёжности зерноуборочных комбайнов ФГБНУ ВНИИТиН проводит начиная с 1986 года. Большой интерес представляет процесс изменения надёжности зерноуборочных комбайнов в процессе их эксплуатации с увеличением суммарной наработки. Для решения этой задачи необходимо проведение многолетнего мониторинга надёжности. Наиболее информативным показателем, характеризующим надёжность машин, является коэффициент готовности [1].

Данная статья посвящена мониторингу коэффициента готовности зерноуборочных комбайнов отечественных и зарубежных производителей [2]. Мониторинг используется для получения зависимости изменения коэффициента готовности от суммарной наработки комбайнов. Суммарная наработка берется за весь срок эксплуатации комбайна. Ежегодно эта зависимость уточняется за счет получения новой информации.

Сбор и обработка информации осуществляется по методике ФГБНУ ВНИИТиН, выполненной по государственным и отраслевым стандартам [3,4]. Полученные данные проверяются на предмет случайных ошибок и систематизируются по суммарной наработке наблюдаемых машин. Ниже приведен пример проведения мониторинга коэффициента готовности зерноуборочных комбайнов в хозяйствах Тамбовской области в 2022 году.

Мониторинг проводился за работой 24 комбайнов следующих марок: Дон -1500 -3шт.; Acros-530 4шт.; Togum 750- 3шт.; КЗС 1218 – 6шт.; John Deer 9660 STS -2шт.; Tukanо 450 - 2шт.; РСМ 161-1шт.; Acros-595 plus-1шт. У всех комбайнов были различные сроки эксплуатации. Комбайны работали на уборке зерновых и других культур в сопоставимых погодных условиях. Уборка проходила при урожайности 20...50 ц/га, влажности хлебной массы до 16%, полеглости – до 6% и засоренности до – 9%. Все культуры убирались прямым комбайнированием с измельчением соломы.

Информация для определения коэффициента готовности собиралась путем периодических наблюдений и экспертной оценки комбайнеров и специалистов инженерной службы [5]. Нарботка в часах основного времени фиксировалась в начале и конце уборочных работ по бортовым компьютерам. На комбайнах «Дон - 1500» по счетчикам мото-часов с последующим переводом в часы основной работы. Количество технических отказов и время устранения определялись опросом комбайнеров и хронометражем. Информация по наблюдаемым комбайнам и полученные коэффициенты готовности представлены в таблице 1.

Полученные в 2022 году результаты мониторинга надёжности зерноуборочных комбайнов наряду с результатами мониторинга 2009...2021 годов позволили провести уточнение зависимостей изменения надёжности их работы в процессе эксплуатации.

Объем накопленной информации был разбит на две группы комбайнов:

- комбайны производства компании «Ростсельмаш», «Гомсельмаш» (170 наблюдений);
- комбайны производства зарубежных компаний «Claas», «John Deer», «Case» (127 наблюдений).

Компьютерной обработкой исходной информации получены уточненные зависимости изменения коэффициента готовности по общему времени от суммарной наработки комбайнов (рисунок 1).

Анализ зависимостей показывает, что с увеличением суммарной наработки надёжность у обеих групп комбайнов снижается. Надёжность комбайнов производства компаний «Ростсельмаш» и «Гомсельмаш» соизмерима. При наработке 200 часов их коэффициент готовности составляет 0,9; при наработке 1400 часов – 0,81, при наработке 2000 часов – 0,76.

Таблица 1 - Коэффициент готовности наблюдаемых в 2022 году зерноуборочных комбайнов

Марка комбайна	Сельхозпредприятие	Наработка, ч		Коэффициент готовности
		Сезонная	Суммарная	
Torum 750	ПЗ Пригородное	112	707	0,90
Torum 750	ПЗ Пригородное	104	594	0,89
Torum 750	ПЗ Пригородное	120	649	0,91
Дон-1500Б	ПЗ им. Ленина	86	2129	0,75
Дон-1500Б	ПЗ им. Ленина	91	2052	0,78
Дон-1500Б	ПЗ им. Ленина	82	2006	0,73
КЗС-1218	ПЗ им. Ленина	103	1083	0,90
КЗС-1218	ПЗ Ленина	83	1945	0,81
КЗС-1218	ООО "Нива"	96	1698	0,87
КЗС-1218	ООО "Нива"	102	899	0,92
КЗС-1218	ООО "Нива"	94	2056	0,78
КЗС-1218А-1	ООО "Нива"	116	116	0,92
John Deere 9660 STS	ООО "Степное гнездо"	118	1556	0,89
John Deere 9660 STS	ООО "Степное гнездо"	106	1664	0,88
John Deere 9660 WTS	ООО "Степное гнездо"	110	1348	0,91
John Deere 9660 WTS	ООО "Степное гнездо"	98	1385	0,90
Acros 530	ПЗ им. Ленина	78	2219	0,80
Acros 530	ПЗ им. Ленина	92	887	0,90
Acros 530	ПЗ Пригородное	81	1465	0,81
Acros 530	ПЗ Пригородное	84	1664	0,88
Acros 595 PLUS	СПК "Русь"	116	428	0,91
PCM-161	СПК "Русь"	118	118	0,92
TUKANO 450	СХПК «Родина»	122	1321	0,93
TUKANO 450	СХПК «Родина»	132	1365	0,91

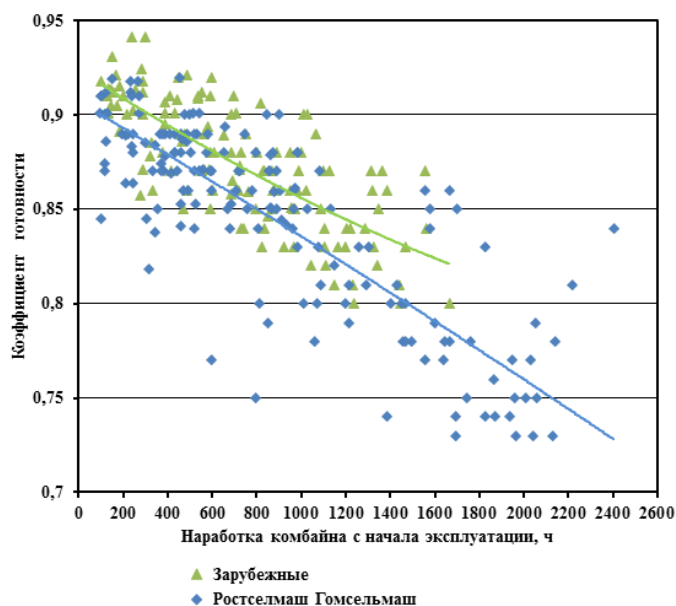


Рисунок 1 - Зависимости коэффициента готовности зерноуборочных комбайнов от наработки

Зарубежные комбайны имеют более высокие показатели надежности. Например, при наработке 200 часов их коэффициент готовности равен 0,92, при наработке 1400 часов равен 0,84.

Аналитические зависимости изменения коэффициента готовности по общему времени от суммарной наработки наблюдаемых групп комбайнов имеют вид:

«Ростсельмаш», «Гомсельмаш»

$$K_r = -2,15200 \cdot 10^{-9} \cdot T^2 - 6,91947 \cdot 10^{-5} \cdot T + 0,906871$$

Зарубежные

$$K_r = 9,27266 \cdot 10^{-9} \cdot T^2 - 7,71532 \cdot 10^{-5} \cdot T + 0,923742$$

где  $T$  –наработка комбайна с начала эксплуатации, ч.

**Выводы.** Исследования проводились за комбайнами различных марок отечественных и зарубежных компаний. На основе ежегодного мониторинга сформирована база оценок коэффициента готовности при различной наработке комбайнов. Выявлены зависимости и получены уравнения коэффициента готовности от суммарной наработки комбайнов. Результаты исследований позволяют прогнозировать надежность и эксплуатационную производительность зерноуборочных комбайнов различных периодов эксплуатации.

### Литература

1. Жалнин Э.В. Расчет основных параметров зерноуборочных комбайнов – М., 2001. – 106 с.
2. Ерохин Г.Н., Коновский В.В. Изменение надежности зерноуборочных комбайнов в процессе эксплуатации // Машинно-технологическая станция. – 2009. – № 3. – С. 14-15.
3. ГОСТ Р 52778-2007. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы эксплуатационно-технологической оценки. – М.: «Стандартинформ». – 2008. – 24с.
4. ГОСТ Р 28301-2015. Комбайны зерноуборочные. Методы испытаний. – М.: «Стандартинформ». – 2016. – 67с.
5. Ерохин Г.Н., Коновский В.В. Определение времени основной работы и производительности зерноуборочных комбайнов // Наука в центральной России. –2018. – №2(32) . –С. 5-11.

УДК 631.354

### ОЦЕНКА ПОТЕРЬ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ НА УБОРКЕ СОИ

**Г.Н. Ерохин, к.т.н., И.А. Першни, м.н.с.**

ФГБНУ ВНИИТиН

*г. Тамбов, Российская Федерация*

Уборка сои в сельхозпредприятии является ответственным этапом, который во многом определяет эффективность ее производства. В настоящее время сою убирают обычными зерноуборочными комбайнами. При этом используются самые разнообразные комбайны по типу молотильного устройства и пропускной способности. В качестве жатки применяют специальные соевые под низкий срез или зерновые. Используются различные скоростные режимы и технологические настройки при уборке. Все это, а также условия уборки, несомненно оказывают влияние на потери урожая сои. И потребителю важно иметь оценку потерь зерна сои каждого конкретного зерноуборочного комбайна и в целом по сельхозпредприятию. Такая оценка необходима для целенаправленного проведения работ по снижению потерь и повышению эффективности производства сои. В настоящей работе представлен методический подход выполнения подобной оценки.

Потери зерна сои за комбайнами в сельхозпредприятии за период уборки можно описать уравнением:

$$P_C = \sum_{i=1}^N P_{Ki}, \tau \quad (1)$$

где  $P_{Ki}$  - потери зерна сои за отдельным  $i$ -ым комбайном за период уборки, т;  $N$  – количество комбайнов в сельхозпредприятии на уборке сои.

Потери сои за комбайном описываются уравнением:

$$P_K = 10^{-2} \cdot Y_K \cdot H_K, \tau \quad (2)$$

где  $Y_K$  - уровень потерь сои за отдельным комбайном в условиях сельхозпроизводителя, %;  $H_K$  - сезонный намолот сои комбайном без учета потерь, т.

Значение потерь сои за комбайном  $Y_K$  зависит от многих факторов. Наиболее значимые из них: тип используемой жатки, рабочая скорость и технологические регулировки комбайна, условия уборки, сроки проведения работ и другие. В реальной эксплуатации величина потерь может колебаться в широких пределах от 2,5 до 30,0%. Определение  $Y_K$  за каждым отдельным комбайном в рассматриваемой работе производится по результатам экспериментальных замеров в процессе уборки [4,5,6].

Значение намолота  $H_K$  определяют по уравнению:

$$H_K = W_{ЭК} \cdot T_{ЭК}, \tau \quad (3)$$

где  $W_{ЭК}$  - производительность комбайна на уборке сои по эксплуатационному времени, т/ч;  $T_{ЭК}$  - годовое эксплуатационное время работы комбайна на уборке сои в сельхоз предприятии, ч.

Производительность комбайна по эксплуатационному времени определяют по формуле

$$W_{\text{ЭК}} = \frac{W_1}{\tau_{\text{ЭК}}}, \text{ т/ч} \quad (4)$$

где  $W_1$  - производительность комбайна на уборке сои по основному времени, т/ч;  $\tau_{\text{ЭК}}$  - удельные затраты эксплуатационного времени комбайна.

При уборке зерновых культур производительность комбайна по основному времени обуславливается его пропускной способностью. Несколько иная ситуация наблюдается при уборке сои. Экспериментальными исследованиями в реальной эксплуатации получено, что комбайны на уборке сои работали с незагруженной молотилкой [1]. В зависимости от урожайности комбайны были загружены на 30-40%. Ограничивает загрузку молотилки невысокая рабочая скорость 4...6 км/ч, которая необходима для качественной работы соевых жаток на низком срезе. В противном случае возрастают потери за жаткой несрезанными бобами. Таким образом, на уборке сои фактором, определяющим производительность, является не пропускная способность комбайна, а допустимая рабочая скорость. Поэтому производительность комбайна по основному времени на уборке сои находится по формулам:

$$W_1 = 0,01 \cdot Y \cdot V_P \cdot B_{\text{Ж}} \cdot K_{\text{Ж}}, \text{ т/ч} \quad (5)$$

где  $V_P$  - рабочая скорость комбайна на уборке сои, км/ч;  $B_{\text{Ж}}$  - ширина жатки, м;  $Y$  - потенциальная урожайность сои без учета потерь в период уборки, ц/га.  $K_{\text{Ж}}$  - коэффициент использования ширины захвата жатки.

В соответствии с [2,3] удельные затраты эксплуатационного времени  $\tau_{\text{ЭК}}$  состоят из затрат времени: на развороты в конце гона, подъезд комбайна к месту выгрузки зерна, выгрузку зерна в транспортное средство, техническое обслуживание, технологическую настройку, устранение технологических отказов, отдых, холостые переезды, устранение технических отказов, Алгоритм моделирования  $\tau_{\text{ЭК}}$  подробно изложен в [2].

Эксплуатационное время работы комбайнов на уборке сои в сельхозпредприятии равно:

$$T_{\text{ЭК}} = \frac{S_C \cdot Y}{\sum_{i=1}^N W_{\text{ЭК}i}}, \quad (6)$$

где  $S_C$  - уборочная площадь сои в сельхозпредприятии, га.

Формулы 1... 6 предоставляют возможность оценить потери сои по комбайнам в отдельности и по сельхозпредприятию в целом. При этом в качестве входных данных используют информацию: марки и количество используемых для уборки сои комбайнов, типы жаток, площади убираемой культуры, урожайность, влажности бобов и данные полевых замеров рабочей скорости комбайнов.

Отдельным важным звеном в составе входных данных является оценка фактического уровня потерь за комбайнами на уборке сои. Эта оценка выполняется на базе замеров потерь при уборке сои в полевых условиях. Количество замеров должно быть не менее трех. В работе была использована упрощенная методика оценки потерь за комбайном, излагаемая ниже.

Потери зерна за зерноуборочным комбайном складываются из потерь за жаткой и потерь за молотилкой. При оценке потерь комбайн должен работать в варианте укладки соломы и половы в валок. Потери зерна за жаткой комбайна включают в себя потери свободным зерном и зерном в срезанных и не срезанных бобах.

Для определения потерь зерна за жаткой после прохода комбайна на стерню учетной делянки накладывают рамку 0,3 x 0,3м в месте, свободном от валка соломы. В пределах рамки собирают и подсчитывают свободные зерна и обмолоченные вручную из срезанных и не срезанных бобов. Уровень потерь зерна за жаткой определяют по формуле:

$$Y_{\text{Ж}} = \frac{K_{\text{Ж}} \cdot M}{9 \cdot Y}, \% \quad (6)$$

где  $K_{\text{Ж}}$  - количество зерен на учетной площади при замере потерь за жаткой, шт.;  $M$  - масса одной тысячи зерен сои, г.

Для определения потерь зерна за молотилкой комбайна рамку 0,3 x 0,3м накладывают в месте расположения валка соломы. В пределах рамки собирают срезанные и не срезанные бобы, свободное зерно, в том числе, которое содержится в валке соломы над рамкой. После обмолота бобов подсчитывают общее количество потерянных зерен. Уровень потерь зерна за молотилкой комбайна определяют по формуле:

$$Y_M = \left[ (K_B - K_{\text{Ж}}) \cdot \frac{B_B}{B_{\text{Ж}}} \right] \cdot \frac{M}{9 \cdot Y}, \% \quad (7)$$

где  $K_B$  - количество зерен на учетной площади при замере потерь под валком соломы, шт.;  $B_B$  - ширина валка соломы, м;  $B_{Ж}$  - ширина жатки, м.

Тогда уровень потерь сои за комбайном описывается формулой:

$$Y_K = \left[ K_{Ж} + (K_M - K_{Ж}) \cdot \frac{B_B}{B_{Ж}} \right] \cdot \frac{M}{9 \cdot Y}, \% \quad (7)$$

Рассмотрим оценку потерь сои за комбайнами по предложенной модели на примере конкретного сельхозпредприятия - СПК «Русь» Тамбовской области. В 2023 году уборка сои осуществлялась на площади 220 гектар. Соя сорта «Лиссабон», урожайность – 29 ц/га, отношение зерна к соломе 1:1,3, длина гона – 1800 м. На уборке сои использовались три комбайна производства компании «Ростсельмаш»: барабанный «PCM-161» с жаткой «Float Stream 900», барабанный «Acros 595 Plus» с жаткой «Float Stream 700» и роторный «Torum 750» с жаткой «Float Stream 900». Жатки предназначены для уборки сои. Оснащены гибким плавающим ножом, что позволяет работать на низком срезе. Для ускорения и равномерности созревания проводилась десикация посевов сои. Уборочные работы начались при достижении влажности зерна сои 15...16%. Уборка выполнена в агросрок без задержек из-за метеоусловий в течение 4 дней.

Для оценки уровня потерь сои за комбайнами использовалась рамка площадью 0,09 кв.м. За каждым комбайном проводились в трехкратной повторности замеры потерянных зерен в пределах рамки. Рамка накладывалась для оценки потерь за жаткой вне валка соломы. Для оценки потерь за молотилкой рамка располагалась под валком соломы. Условия и средние результаты замеров уровня потерь сои за комбайнами представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты замеров и оценки уровня потерь сои за комбайнами

Марка комбайна	PCM 161	Acros 595 Plus	Torum 750
Год выпуска	2021	2019	2022
Марка жатки	Float Stream 900	Float Stream 700	Float Stream 900
Ширина жатки, м	9	7	9
Рабочая скорость, км/ч	4,6	4,2	5,1
Среднее количество зерен на учетной площади при замере потерь за жаткой (вне валка соломы), шт.	5	6	4
Среднее количество зерен на учетной площади при замере потерь под валком соломы, шт.	17	15	14
Уровень потерь сои за жаткой, %	2,87	3,45	2,30
Уровень потерь сои за молотилкой, %	1,53	1,48	1,28
Уровень потерь сои за комбайном, %	4,41	4,93	3,58

Как показывает таблица 1, потери сои за комбайнами не превысили 5%, что является допустимым по агротребованиям. Самые низкие потери в размере 3,58% показал комбайн Torum 750. У комбайна «Acros 595 Plus» потери составили 4,93%, у комбайна «PCM-161» – 4,41%. Сравнительно низкий уровень потерь сои за комбайнами объясняется благоприятными погодными условиями текущего года.

Используя данные таблицы 1 по формулам (1)...(5) были смоделированы общие за уборку потери сои по комбайнам и по сельхозпредприятию в целом. Полученные результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты оценки потерь сои по комбайнам и по сельхозпредприятию в целом

Марка комбайна	PCM 161	Acros 595 Plus	Torum 750
Производительность комбайна по основному времени, т/ч	11,41	8,10	12,65
Удельные затраты эксплуатационного времени комбайна	1,48	1,48	1,48
Производительность комбайна по эксплуатационному времени, т/ч	7,71	5,46	8,55
Эксплуатационное время работы комбайн на уборке сои в сельхозпредприятии, ч	29,38	29,38	29,38
Намолот сои комбайном, т	226,56	160,35	251,09
Потери сои комбайном за период уборки, т	9,99	7,91	8,99
Общие потери сои в сельхозпредприятии за период уборки, т	26,89		

Производительность комбайна по основному времени для комбайна PCM 161 составила 11,41 т/ч, комбайна Acros 595 Plus – 8,1 т/ч, комбайна Torum 750 – 12,65т/ч (таблица 2). Наиболее высокую

эксплуатационную производительность 8,55 т/ч показал комбайн Tozum 750. Производительность комбайнов РСМ 161 и Acros 595 Plus была ниже на 10% и 36% соответственно.

В итоге получено, что технологические потери сои комбайном РСМ 161 за период уборки оцениваются в размере 9,99 т, комбайном Acros 595 Plus в размере 7,91 т и Tozum 750 в размере 8,99 т. Общие потери сои за комбайнами в сельхозпредприятии равны 26,89 т. Величина этих потерь составляет около 5% от потенциального общего намолота сои, что является хорошим результатом при уборке сои в условиях Центрально-Черноземного региона.

**Выводы.** Разработанный методический подход оценки потерь зерноуборочных комбайнов на уборке сои показал работоспособность и возможность практического применения в сельхозпредприятии. Он позволяет оценить прогнозируемые потери сои и выполнить, в случае необходимости, корректировку технологических режимов работы комбайнов на уборке сои в сельхозпредприятии.

#### Литература

1. Производительность зерноуборочных комбайнов на уборке сои /Г.Н.Ерохин, В.В.Коновский, Першин И.А. // Наука в центральной России. – 2022. – № 1 (55) . – С. 33–41.
2. Модель использования зерноуборочных комбайнов в сельскохозяйственном предприятии /Г.Н.Ерохин, В.В.Коновский // Наука в центральной России. –2017. – №4(28) . –С. 49-56.
3. Жалнин Э.В. Расчет основных параметров зерноуборочных комбайнов. М.: ВИМ, – 2011. – 102с.
4. Обоснование режима работы молотильно-сепарирующего устройства комбайна при уборке сои / А.М.Гиевский, А.В.Чернышев, Д.Л.Маслов, В.Ю.Мильгунов //Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2019. – № 1 (60) – С.50-56.
5. ГОСТ Р 52778-2007. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы эксплуатационно-технологической оценки. – М.: «Стандартинформ». – 2008. – 24с.

УДК 532.559.5

#### ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИХ ПОСЕВНЫХ КОМПЛЕКСОВ

**В.В. Коновский**, ведущий инженер, **И.А. Першин**, м.н.с.

ФГБНУ ВНИИТиН

г. Тамбов, Российская Федерация

Сельское хозяйство является одной из ведущих отраслей экономики Российской Федерации, обеспечивающей продовольственную и экономическую безопасность страны [1]. Как известно, конкурентоспособность и рентабельность производства сельскохозяйственной продукции определяется ее ресурсоэнергоемкостью и эксплуатационными затратами.

В последние годы наблюдается ежегодное увеличение таких затрат вследствие многооперационности агротехнологий, роста цен на энергоносители, сельскохозяйственную технику, минеральные удобрения, средства защиты растений при низких ценах на производимую продукцию [2]. В сложившихся условиях главной возможностью повышения рентабельности агропроизводства является разработка и внедрение современных ресурсосберегающих агротехнологий.

Внедрение в зерновом производстве ресурсосберегающих технологий с применением энергонасыщенных тракторов класса 50–60 кН при комплектации с современными посевными комплексами способствует повышению производительности труда, экономии ГСМ, сокращению сроков и повышению качества полевых работ в сравнении с традиционными способами посева. [3]

В настоящее время в центральной России ресурсосберегающие технологии при выращивании зерновых культур применяются на 50% площадей, с применением новой отечественной и зарубежной высокопроизводительной техники. На предпосевную обработку и посев приходится более 20% от эксплуатационных затрат на возделывание зерновых культур [4]. Поэтому сельхозпроизводителю важно уменьшить эти затраты. Для этого нужно подобрать посевные комплексы с наименьшими эксплуатационными затратами для конкретных условий сельхозпредприятия.

С этой целью проведена эксплуатационная оценка трех посевных комплексов отечественного и зарубежного производства в реальных условиях. Результаты проведенных исследований представлены ниже.

**Результаты исследований.** Наблюдения проводились в трех хозяйствах, Тамбовской и Пензенской областей с различными площадями под зерновые культуры. Сбор информации осуществлялся методом периодических наблюдений, хронометражем и по бухгалтерской отчетности. Для проведения сравнительной оценки под наблюдения были взяты три различных посевных комплекса, работающих по ресурсосберегающим технологиям. В таблице 1 приведены технико-эксплуатационные характеристики комплексов.

Далее приведены технологические операции, выполняемые выбранными посевными комплексами:

Посевной агрегат К744Р+ «Кузбасс ПК8,5» за один проход по полю выполняет весь комплекс весенних полевых работ: предпосевную культивацию, боронование, посев, внесение удобрений, прикатывание, выравнивание почвы, тем самым, сводя к минимуму потери влаги и обеспечивая выполнение вышеуказанных операций в оптимальные агротехнические сроки.

Таблица 1 - Сравнительная технико-эксплуатационная характеристика посевных комплексов в агрегате с энергонасыщенными тракторами

Параметр	Состав посевного комплекса		
	K744P+ «Кузбасс ПК8,5»	Buhler Versatile 425 + «Morris Concept 2000»	John Deere» 9420 + «John Deere-1895»
Рабочая скорость, км/ч	7	9	12
Рабочая ширина захвата, м	8,4	12	13
Тип сошника	Дисковый	Стрельчатая лапа	Монодиск
Производительность, основная / сменная, га/ч	8,6/6,6	10,8/7,9	14,3/10,9
Коэффициент использования времени смены	0,65	0,74	0,76
Глубина заделка семян, см	5-7	5-9	5-10
Количественная доля семян, заделанных в слое, предусмотренном ТУ, %	84	89	100
Вместимость бункера, зерно/удобрения, м <sup>3</sup>	6,5/8	5/2	4/2/5
Фактический удельный расход топлива, кг/га	7,5	7,0	6,3

Посевной агрегат Buhler Versatile 425+ «Morris Concept 2000» обеспечивает четыре операций одновременно за один проход: культивация почвы с уничтожением сорняков стрельчатой лапой, собственно посев, внесение удобрений, порядковое прикатывание. Надо отметить, что агрегат работает по уже подготовленному полю, прокультивированному или по стерне.

Посевной агрегат John Deere» 9420 + «John Deere-1895 выполняет такие технологические операции как прикатывание, выравнивание почвы, позволяет проводить одновременное внесение одного или двух видов гранулированных минеральных удобрений в отдельный ряд. Агрегат работает по предварительно подготовленной почве.

Выбор комплексов для посева зерновых культур при реализации ресурсосберегающих технологий должен проводиться на основе их производительности. Дневная наработка посевного комплекса определяется маркой трактора, рабочей шириной захвата и типом рабочих органов. Так, у комплекса K744P + «Кузбасс ПК8,5» при ширине захвата 8,5м, суточная наработка достигает – 100 га.; John Deere 9420 + «John Deere-1895» с шириной захвата 13 м до 175 га., Versatile 425 + «Morris Concept 2000» с шириной захвата 12 м 130 га. Срок посевных работ в хозяйствах составлял от 7 до 10 суток [5]. В таблице 2 приведена сравнительная оценка экономических показателей наблюдаемых посевных комплексов.

Таблица 2 – Экономические показатели использования посевных комплексов в агрегате с энергонасыщенными тракторами

Параметр	единица	Состав посевного комплекса		
		K744P+ «Кузбасс ПК8,5»	Buhler Versatile 425 + «Morris Concept 2000»	John Deere» 9420 + «John Deere-1895»
Сезонная нагрузка	га	1056	1264	1744
Амортизационные отчисления	руб/га	1183	1519	1634
Затраты на ГСМ	руб/га	376,5	351	316
Затраты на оплату труда	руб/га	29,4	36,7	41,4
Затраты на ТО и ремонт	руб/га	47	28	32
Суммарные эксплуатационные затраты	руб/га	1636	1934,7	2023

В эксплуатационные затраты включены: амортизация, ремонт и техническое обслуживание, расход горюче-смазочных материалов, заработная плата тракториста и обслуживающего персонала [6].

Как видно из таблицы, максимальные затраты на ГСМ у комплекса K744P+ «Кузбасс ПК8,5» выше на 500-700 руб/га, чем у сравниваемых зарубежных аналогов. У отечественного комплекса самые большие затраты на ремонт и техническое обслуживание. Основная доля эксплуатационных затрат приходится на амортизационные отчисления, у отечественного посевного комплекса она имеет наименьшее значение.



**Выводы.** Производительность сравниваемых зарубежных посевных комплексов превосходит производительность отечественного на 25-40%. Поэтому их целесообразно применять в хозяйствах с большими площадями под зерновые культуры.

Удельные эксплуатационные затраты отечественного посевного комплекса ниже примерно на 300- 500 руб/га в сравнении с зарубежными. При данных условиях проведения посевных работ применение отечественного комплекса более целесообразно.

В отличие от зарубежных посевных комплексов, агрегат К744Р+ «Кузбасс ПК8,5» не требует дополнительной подготовки почвы при посеве зерновых культур, что выгодно отличает его от зарубежных комплексов.

#### Литература

1. Кем А.А. Урожайность зерновых культур в зависимости от моделирования способа посева / А.А. Кем, Л.В. Юшкевич // Сиб. вестн. сельскохозяйственной науки. – 2009. – № 11. – С. 92–97.
2. Юшкевич, Л.В. Оценка эффективности посевных комплексов в засушливых агроландшафтах Западной Сибири / Л.В. Юшкевич, А.А. Кем // Вестн. Алт. ГАУ. – 2013. – № 4. – С. 84–88.
3. Ресурсосберегающие технологии в полеводстве. Посевные машины и комплексы/Н.П. Ларюшин . - Пенза: РИО ПГСХА, 2015.-341с.
4. Драгайцев В.И. Организационно-экономический механизм ресурсосбережения в сельском хозяйстве // Техника и оборудование для села. – 2009. – № 3. – С. 12-15.
5. Ерохин Г.Н., Коновский В.В. Сравнительная эксплуатационно-технологическая оценка зерноуборочных комбайнов Полесье 1218 и John Deer W650 // Наука в центральной России.-2013.-№6.-С.53-56.
6. Сазонов С.Н., Ерохин Г.Н., Сазонова Д.Д. Особенности использования техники в фермерских хозяйствах // Труды ГОСНИТИ. -2017- т.126 –С.26-31.

УДК 338.432

### АНАЛИЗ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ РЫНКЕ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ

Д.В. Черников, м.н.с.

ФГБНУ ВНИИТиН

г. Тамбов, Российская Федерация

С 2019 года Минсельхоз приступил к реализации отраслевой программы «Цифровое сельское хозяйство» [1]. Одной из приоритетных ее задач заключается переход к цифровизации сельского хозяйства, умному земледелию, масштабному применению цифровых технологий. По предварительным оценкам, это существенно позволило преумножить вклад сельского хозяйства в экономику страны, повысило экспортную выручку сельхозорганизаций, значительно повысило эффективность аграрного производства. Переход к цифровым технологиям способствует росту престижности труда в отрасли, увеличению доли молодых работников, увеличению количества рабочих мест в отрасли. Важное место, при реализации данной программы, занимают технологии развития искусственного интеллекта.

В современном мире, использование технологий искусственного интеллекта (далее – ИИ; автоматизированные процессы и явления, протекающие на условиях, близких к оптимальным, и имеющие возможность при накоплении критической массы статистических данных самосовершенствоваться) [2] широко используется практически во всех сферах деятельности с целью оптимизации протекающих процессов. Такое явление обусловлено стремительным развитием вычислительных мощностей компьютерной техники и непрерывающимся поиском специалистов наилучших решений, способные повлиять на решения имеющихся в настоящий момент основных проблем. Производство, т.е. создание необходимых экономических благ, является одним из самых перспективных направлений развития ИИ. При помощи данной концепции происходит повышение уровня промышленной безопасности, прогнозирование возможных рисков, минимизация несчастных случаев, увеличение доли рабочих мест и т.д.

Стоит отметить несколько перспективных направлений в агропромышленной сфере [3], в которых активно и довольно успешно применяются технологии ИИ (рисунок 1):

- анализ и обработка данных на основе компьютерного зрения;
- специализированные устройства, созданные для решения конкретных сельскохозяйственных проблем и задач;
- роботизированные устройства, имитирующие способности человека.

Компьютерное зрение

Динамическое наблюдение	
Локальное наблюдение	
фото/видеосъемка местности, животного мира и органических растений	изъятие и анализ химических проб



Специализированные устройства на базе ИИ      Робототехника



Рисунок 1 – Цифровизация сельского хозяйства

Анализ и обработка данных на основе компьютерного зрения заключается в разработке математических компьютерных алгоритмов, базирующихся на формировании специфических математических моделей, именуемых в науке искусственными нейронными сетями [4]. Такая технология успешно справляется с рядом задач. Примером может являться, ранняя диагностика заболеваний животных и растений, что позволяет успешно и своевременно бороться с ними, а также не допускать их появления вовсе.

Модель компьютерного зрения сегментирует каждый кадр из видео для поиска нужного множества или одного объекта. После того, как каждая единица посчитана ИИ, модель трекинга начинает отслеживать перемещение отдельно взятого элемента в кадре, а алгоритмы считают активность для каждого уникального объекта в кадре (рисунок 2).



Рисунок 2 – Технология машинного зрения

Объем подобных решений на отечественном рынке в 2023 год оценивается в ~30 млрд рублей. Больше всего эту технологию применяют в области видеонаблюдения и безопасности (32% от всего рынка), промышленности (17%), медицины (14%) и торговли (10%). В сельском хозяйстве данное решение также на стадии активного внедрения. По прогнозам, к 2025 году объем мирового сельскохозяйственного рынка может преодолеть планку в ~\$2,5 млрд.

Помимо представленного метода, в настоящий момент осуществляется активное внедрение в сельскохозяйственную практику автоматизированных дистанционных небольших летательных аппаратов [5] (дронов, рисунок 3), которые локально могут доставлять необходимые для растений и животных ресурсы, переносить опасные химикаты без угрозы для жизни человека, а также проводить фото/видеосъемку, полученные данные которой могут успешно использоваться в ранее представленной системе компьютерного зрения.



Рисунок 3 – Беспилотный летательный аппарат

Такие устройства помогают, прежде всего, уточнить границы обрабатываемых площадей, а затем контролировать состояние посевов, оперативно выявлять и устранять проблемы на полях. БПЛА полезны для аграриев при поливе внушительных участков, обработки земель от сорняков, вредителей или болезненных мест. Особенно хорошо дроны помогают контролировать большие площади посевов. Агросектор для БПЛА — очень перспективный рынок. Так, более 80 млн га ежегодно требуют опрыскивания несколько раз в год, и если выполнять хотя бы 10% этой работы, то объем рынка превысит 30 млрд руб.

Также стоит отдельно отметить более масштабные автоматизированные сельскохозяйственные комплексы, представляющие собой более высокотехнологичную и совершенную технику на манер тракторов, комбайнов, экскаваторов, способные выполнять несколько различных функций: посадка и сбор урожая, контроль за развитием растительных и животных культур, ликвидация вредителей и последствий природно-климатических явлений. Роботов, а точнее беспилотные комбайны, можно встретить уже и на российских полях. Комбайн с отечественной системой Cognitive Agro Pilot [6] начинает видеть и понимать, что происходит вокруг, а также принимать решения по дальнейшим действиям в рамках той производственной задачи, которая перед ним стоит [7]. В каком-то смысле идет создание нового социального слоя агропомощников с Искусственным Интеллектом C-Pilot, направленное на исключение фактора «человеческой ошибки».

С 2023 года компания Cognitive Agro официально объявила о начале массовых поставок своей модернизированной системы (рисунок 4) в российские агрохозяйства. Стоит отметить, что на конец мая текущего года, было установлено 100 комплектов в более чем 15 регионах России от Псковской области до Благовещенска. В числе использующих умную технику: Курская, Брянская, Самарская, Курганская, Алтайский край, Краснодарский край, Приморский край и другие регионы.

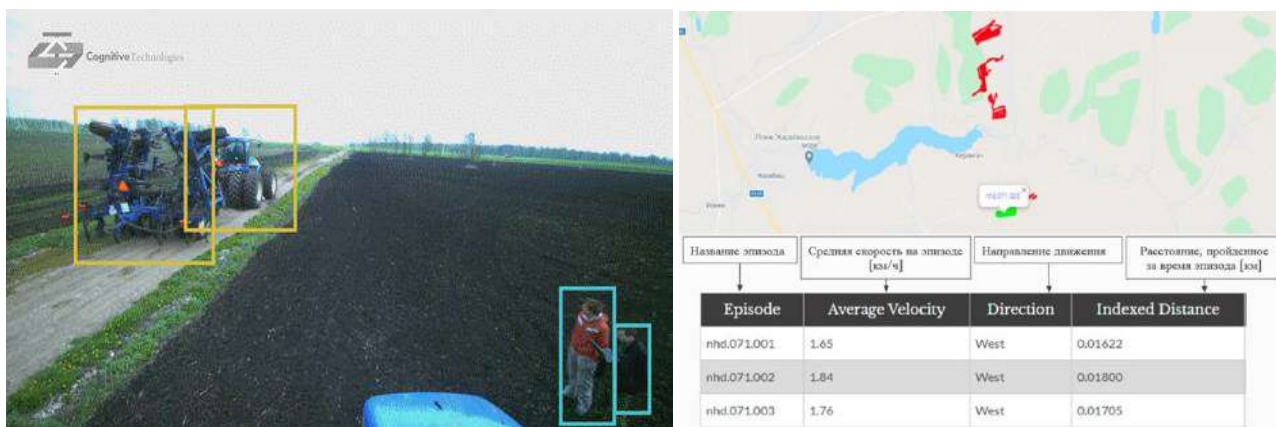


Рисунок 4 – Система Cognitive Agro Pilot

По предварительным расчетам, применение данной технологии значительно повышает экономический потенциал за счет увеличения производительности техники до 25%, посредством точности выполнения операций, экономии времени и топлива до 7%. Улучшению урожайности до 10%, ввиду сохранения плодотворного слоя, а также экономии удобрений до 20% и семян до 40%.

Использование технологий ИИ в сельском хозяйстве [8] и в экономике в целом окажет определяющее влияние на развитие различных социальных институтов. Эксперты считают, что большинство из них, прежде все институты частной собственности, рынка, производства, семьи, образования, государства и права, претерпят при этом кардинальные изменения.

На рисунке 5 приведен прогнозируемый график перспектив дальнейшего развития интеллектуальных решений и их применения на отечественном сельскохозяйственном рынке за период 2023-2028 гг.:

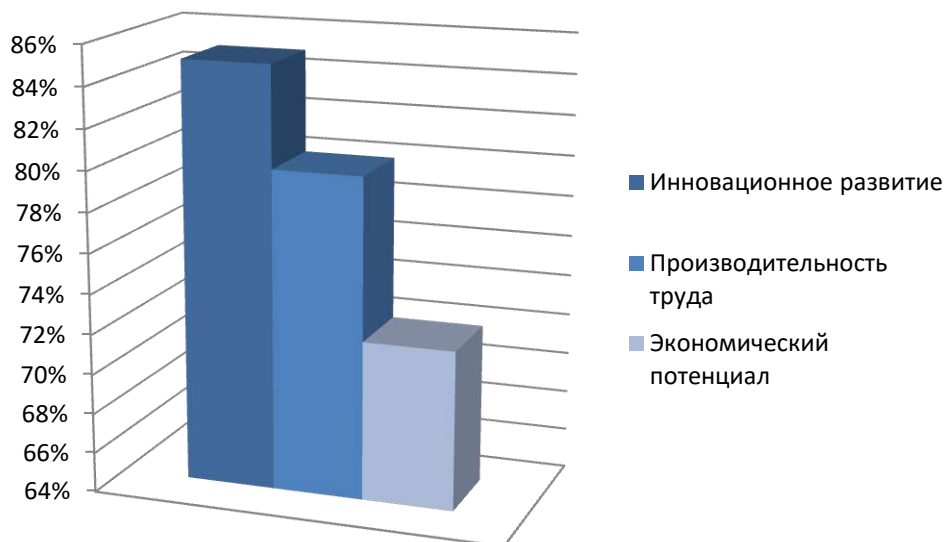


Рисунок 5 – Потенциал интеллектуальных решений на сельскохозяйственном рынке в период 2023-2028 гг.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что внедрение интеллектуальных решений в процесс добычи и производства необходимых экономических благ – положительная перспектива развития производственных процессов. С помощью интеллектуальных решений, оптимизируется производство, происходит сокращение материальных и временных затрат, технологический процесс развивается более быстрыми темпами. Использование технологий искусственного интеллекта в большем количестве отечественным предприятиями, поможет России стать лидером среди других стран по уровню научно-технического развития в сфере производства.

#### Литература

1. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство»: официальное издание. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 48 с.
2. Астахова, И. Системы искусственного интеллекта Практический курс: Учебное пособие. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2019. – 292 с.
3. Алферьев Д.А. Искусственный интеллект в сельском хозяйстве. АгроЗооТехника. 2018. Т. 1. № 4. DOI: 10/15838/alt.2018.1.4.5.
4. Николенко С., Кадурын А., Архангельская Е.В. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей. СПб.: Питер, 2018. 480 с.
5. Агродроны. – Текст: электронный // ГЕОМИР: [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.geomir.ru/publikatsii/agrodrony/> (дата обращения: 10.09.2023).
6. Cognitive Agro Pilot Система автоматического вождения. [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:Cognitive\\_Agro\\_Pilot\\_Система\\_автоматического\\_вождения?cache=no&rtype=integr](https://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:Cognitive_Agro_Pilot_Система_автоматического_вождения?cache=no&rtype=integr)(дата обращения: 25.08.2023)
7. Ерохин, Г.Н. Выбор оптимальной стратегии уборки зерновых культур / Г.Н. Ерохин, В.В. Коновский // Техника и оборудование для села. - 2009. - №7. - С. 42-43.
8. Скворцов Е.А., Набоков В.И., Некрасов К.В., Скорцова Е.Г., Кротов М.И. Применение технологий искусственного интеллекта в сельском хозяйстве // Аграрный вестник Урала. – 2019. – №8(187). – с.91-98. – DOI: 10.32417/article\_5d908ed78f7fc7.89378141.

УДК 004.891:631.5

#### ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ

А. А. Максименко, магистрант, М. К. Белова, студент, А.Р. Сайфетдинов, к.э.н., доцент  
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»  
г. Краснодар, Российская Федерация

**Введение.** Использование искусственного интеллекта (ИИ) в сельском хозяйстве в последние годы стало глобальной тенденцией, и многие страны внедряют эту технологию, чтобы помочь фермерам улучшить производство, снизить затраты и повысить урожайность. Искусственный интеллект обладает потенциалом

революционизировать сельскохозяйственную отрасль, позволяя фермерам принимать более обоснованные решения в различных аспектах своей деятельности. В этой статье будет рассмотрено, как методы искусственного интеллекта могут быть использованы для разработки уникальных решений для улучшения производства и повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

Как работает искусственный интеллект.

Искусственный интеллект - это моделирование процессов человеческого интеллекта компьютерными системами. Это включает в себя машинное обучение, которое представляет собой процесс предоставления компьютерной системе данных, которые она может использовать для обучения и повышения своей производительности. Искусственный интеллект использует алгоритмы, которые могут выявлять закономерности и делать прогнозы, что может помочь фермерам принимать более обоснованные решения. Он может быть применен в различных аспектах сельского хозяйства, таких как прогнозирование погоды, мониторинг урожая, борьба с вредителями и болезнями, а также анализ почвы. Системы искусственного интеллекта используют аналитику больших данных для управления и анализа больших объемов данных, которые могут быть использованы для прогнозирования будущих тенденций и оказания помощи фермерам в оптимизации их производства.

Улучшение производства с помощью искусственного интеллекта.

Один из способов, с помощью которого искусственный интеллект может улучшить производство, - это оптимизировать использование таких ресурсов, как вода и удобрения. Анализируя данные о состоянии почвы, количестве осадков, температуре и других факторах, системы искусственного интеллекта могут определять оптимальный уровень ресурсов, необходимых для выращивания сельскохозяйственных культур. Это может помочь фермерам снизить свои затраты при одновременном повышении урожайности сельскохозяйственных культур. Фермеры также могут использовать искусственный интеллект для мониторинга посевов на наличие вредителей и болезней, что может помочь им выявлять проблемы на ранней стадии и принимать профилактические меры до того, как они станут серьезными.

Искусственный интеллект также может быть использован для оптимизации графиков посадки. Анализируя исторические данные и прогнозы погоды, системы искусственного интеллекта могут прогнозировать наилучшие сроки для посадки и сбора урожая сельскохозяйственных культур. Они также могут предсказать, когда погодные условия могут привести к повреждению урожая, что позволяет фермерам корректировать свои графики посева, чтобы избежать потерь. Системы искусственного интеллекта также могут помочь фермерам в управлении орошением, анализируя данные о влажности почвы и определяя участки, которые требуют большего или меньшего полива. [1]

Повышение урожайности сельскохозяйственных культур с помощью искусственного интеллекта.

Искусственный интеллект может помочь фермерам повысить урожайность сельскохозяйственных культур, прогнозируя наилучшие сорта семян и почвенные условия для конкретных культур. Используя данные о химическом составе почвы, уровне питательных веществ и генетике растений, системы искусственного интеллекта могут предсказать, какие сорта сельскохозяйственных культур будут процветать в конкретных условиях. Затем фермеры могут выбрать лучшие сорта семян для своих полей, что может привести к повышению урожайности. Искусственный интеллект также может быть использован для прогнозирования погодных условий, влияющих на рост урожая, что может помочь фермерам оптимизировать условия выращивания.

Другой способ, с помощью которого искусственный интеллект может повысить урожайность, - это оптимизировать внесение удобрений. Анализируя уровень питательных веществ в почве и другие данные, системы искусственного интеллекта могут прогнозировать оптимальное количество удобрений, необходимых для каждой культуры. Это может помочь фермерам сократить избыточное использование удобрений, которые могут нанести вред окружающей среде и снизить урожайность сельскохозяйственных культур.

Управляемые искусственным интеллектом системы мониторинга урожая.

Еще одним важным способом, с помощью которого искусственный интеллект может помочь фермерам улучшить производство и повысить урожайность сельскохозяйственных культур, являются усовершенствованные системы мониторинга урожая. Традиционные методы мониторинга урожая основаны на визуальном осмотре, который может отнимать много времени и приводить к человеческим ошибкам. Более того, разные культуры требуют разных подходов к мониторингу, а это означает, что фермеры должны обладать квалификацией и опытом в выявлении признаков роста, болезней и других факторов для обеспечения оптимальной урожайности.

Управляемые искусственным интеллектом системы мониторинга урожая используют дроны и интеллектуальные датчики для сбора огромных объемов данных, которые могут помочь фермерам оптимизировать условия выращивания. С помощью алгоритмов машинного обучения эти системы могут анализировать изображения сельскохозяйственных культур в режиме реального времени, чтобы обнаружить ранние признаки стресса или болезни, которые могут нарушить цикл роста. Затем фермеры могут принимать корректирующие меры в режиме реального времени, такие как внесение нужного количества питательных веществ, защита урожая или орошение. Более того, эти системы искусственного интеллекта могут прогнозировать показатели урожайности, позволяя фермерам более эффективно управлять своими запасами и продажами. [2]

Диагностика заболеваний растений на основе искусственного интеллекта.

Вредители, болезни и другие проблемы с растениеводством могут нанести значительный ущерб урожайности и экономической жизнеспособности фермерского хозяйства. Раннее выявление и точное лечение таких заболеваний может стать настоящей проблемой для фермеров, которым часто приходится полагаться на консультации экспертов или трудоемкие ручные проверки, чтобы правильно диагностировать проблему.

Инструменты на базе искусственного интеллекта, такие как компьютерное зрение и глубокое обучение, могут помочь фермерам более точно и быстро выявлять болезни растений. Эти инструменты могут анализировать такие данные, как физические симптомы, факторы окружающей среды, такие как качество почвы и температура, и другие факторы, уникальные для конкретной культуры, для точного выявления и диагностики проблем с растениями. Такое раннее обнаружение помогает фермерам действовать быстро и предотвращать гибель урожая, что приводит к повышению урожайности.

Прогнозирование погоды на основе искусственного интеллекта.

Погода является решающим фактором, влияющим на рост урожая, и успех фермы в целом зависит от нее. Системы прогнозирования погоды на основе искусственного интеллекта могут помочь фермерам прогнозировать погодные условия и принимать обоснованные решения относительно управления растениеводством. Эти системы используют огромные объемы данных и алгоритмы машинного обучения для анализа прошлых данных, глобальных погодных тенденций и текущих метеорологических данных. Этот анализ приводит к более точным прогнозам и заблаговременному предупреждению о погодных явлениях, позволяя фермерам соответствующим образом корректировать свои стратегии управления растениеводством. [3]

Преимущества прогнозирования погоды на основе искусственного интеллекта выходят за рамки простого прогнозирования погоды. Более точные прогнозы позволяют проводить более качественную подготовку, снижать потери урожая в результате непредсказуемых событий и улучшать внесение удобрений в более засушливых условиях. Кроме того, сложное прогнозирование помогает фермерам снизить неопределенность в потоках их доходов, позволяя им выращивать культуры, которые будут процветать даже в суровых погодных условиях.

Одним из примеров технологии мониторинга урожая на основе искусственного интеллекта является использование спутниковых снимков. Такие компании, как Descartes Labs, разработали алгоритмы машинного обучения, которые могут анализировать спутниковые данные и предоставлять информацию о характере роста сельскохозяйственных культур и условиях в режиме реального времени. Эта технология может помочь фермерам выявить потенциальные проблемные зоны и оптимизировать использование ресурсов в зависимости от конкретных потребностей каждой культуры. [4]

Кроме того, роботизированные устройства на базе искусственного интеллекта, такие как Stop Scout от Iron Ox, могут автономно перемещаться по полям и следить за ростом растений. Эти роботы могут собирать данные о влажности почвы, уровне питательных веществ и других факторах окружающей среды, предоставляя фермерам ценную информацию, которая может послужить основой для их процессов принятия решений.

Более того, искусственный интеллект также может сыграть жизненно важную роль в улучшении управления животноводством. С помощью датчиков и носимых устройств фермеры могут собирать данные о таких факторах, как вес скота, температура и уровень активности, помогая им следить за своим здоровьем и управлять режимом питания и физических упражнений для оптимального роста и производительности.

Несмотря на то, что преимущества искусственного интеллекта в сельском хозяйстве значительны, существуют также проблемы, требующие рассмотрения. Одной из таких проблем является стоимость и доступность этих технологий, которые могут оказаться непомерно высокими для мелких фермеров или тех, кто живет в развивающихся странах. Кроме того, необходимо учитывать опасения по поводу конфиденциальности и безопасности данных, чтобы обеспечить защиту информации фермеров.

**Вывод.** В заключение отметим, что искусственный интеллект - это мощный инструмент, обладающий огромным потенциалом для революционизирования сельскохозяйственного сектора. Предоставляя фермерам информацию, необходимую для принятия более обоснованных решений, искусственный интеллект может помочь им оптимизировать использование ресурсов, выявлять и предотвращать вредителей и болезни, снижать затраты и, в конечном счете, повышать урожайность сельскохозяйственных культур. Поскольку технологии, основанные на искусственном интеллекте, продолжают развиваться и становятся все более доступными, сельскохозяйственный сектор может рассчитывать на еще большие достижения, ведущие в будущем к повышению урожайности сельскохозяйственных культур, продовольственной безопасности и охране окружающей среды.

### Литература

1. Кирьянов, А. А. Разработка алгоритма функционирования и особенности обучения когнитивного модуля искусственного интеллекта роботизированной системы тепличного растениеводства / А. А. Кирьянов, С. Б. Беневоленский, В. Ю. Сироткин // Известия высших учебных заведений. Электроника. – 2022. – Т. 27, № 6. – С. 795-806. – DOI 10.24151/1561-5405-2022-27-6-795-806. – EDN AVPGVT.

2. Максименко, А. А. Инновационные процессы в растениеводстве: роль цифровизации в развитии аграрного сектора / А. А. Максименко, А. Р. Сайфетдинов // Теория и практика современной аграрной науки :

Сборник VI национальной (всероссийской) научной конференции с международным участием, Новосибирск, 27 февраля 2023 года. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2023. – С. 1497-1499. – EDN SYHQVK.

3. Федосов, А. Ю. Внедрение искусственного интеллекта в растениеводство для оптимизации орошения / А. Ю. Федосов, А. М. Меньших // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2022. – Т. 16, № 4. – С. 45-53. – DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-4-45-53. – EDN VWYGWS.

4. Шкрибляк, Н. В. Разработка методов и моделей принятия решений с применением искусственного интеллекта для систем управления запасами: специальность 05.13.17 "Теоретические основы информатики" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Шкрибляк Наталия Владимировна. – Таганрог, 2007. – 193 с. – EDN NOVZZB.

УДК 631.365.34

## ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОРНЕПЛОДОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

А.В. <sup>1</sup>Балашов, д.т.н., С.М. <sup>1</sup>Кольцов, к.т.н., А.И. <sup>1,2</sup>Завражнов, д.т.н., профессор, академик РАН,

Д.А. <sup>3</sup>Николюкин, магистрант, В.Е. <sup>3</sup>Петерс, магистрант

<sup>1</sup>ФГБНУ ВНИИТиН, г. Тамбов, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ, г. Мичуринск, Российская Федерация

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО ТГТУ, г. Тамбов, Российская Федерация

**Введение.** Одним из направлений обеспечения сохранности корнеплодов является совершенствование организации их вывоза в период массовой уборки сахарной свеклы при ограниченном их приёме сахарными заводами по причине введения квот, малой производительности заводов, недостаточной площади их свеклопунктов для хранения поступивших от хозяйств корнеплодов. Указанные причины вынуждают свеклосеющие хозяйства для поддержания высоких темпов уборки организовывать хранение корнеплодов в полевых кагатах на полях возделывания сахарной свеклы, что приводит к потерям свекломассы. При хранении сахарной свеклы в полевых кагатах потери свекломассы достигают 11-16% за 30 суток хранения, и во многом зависят от физических показателей сахарной свеклы. Период массовой уборки сахарной свеклы начинается в начале сентября и заканчивается в середине ноября. Средняя продолжительность хранения сахарной свеклы в полевых кагатах на полях возделывания варьируется от 1 до 8 недель в зависимости от способа уборки сахарной свеклы. В начале массовой уборки средняя продолжительность хранения в полевых кагатах составляет от 1 до 2 недель. С ноября месяца срок хранения корнеплодов в полевых кагатах увеличивается до 6-8 недель, что позволяет обеспечить сахарный завод свеклосырьем до декабря и января. В полевых кагатах хранится до 70% свеклосырья от общего объема переработки.

Сокращение интенсивности перевозки корнеплодов с полей возделывания из-за неблагоприятных погодных условий (интенсивные осадки, распутица) привели к снижению качества сахарной свеклы за счет развития грибковых, бактериальных инфекций корнеплодов и повышению потерь в период хранения в полевых кагатах. Плесневые поражения на корнеплодах были обнаружены при поступлении их в сырьевую лабораторию сахарного завода с полей возделывания. Кроме того, на сохранность корнеплодов при хранении существенно влияют: размеры, загрязненность, наличие зеленой массы и засоренность насыпи. Определение физических показателей корнеплодов в период массовой уборки позволяет корректировать очередность их перевозки из полевых кагатов. Так, мелкие корнеплоды массой (менее 150-200 г) III категории направляются в переработку в первую очередь.

Одним из перспективных направлений определения физических показателей корнеплодов в период уборки, их транспортировки и приёма на свеклопункте сахарного завода является применение автоматических модулей машинного зрения. Машинное зрение – это способ получения и анализа данных, который может производить обнаружение, отслеживание и классификацию корнеплодов. Машинное зрение позволяет распознавать в бункере свеклоуборочного комбайна отдельные корнеплоды и определять их форму и размеры, а также может использоваться для распознавания корнеплодов на поверхности насыпи в кузове большегрузного автомобиля при остановке для взятия проб на весовой или сырьевой лаборатории.

**Основная часть.** В зависимости от соотношения фракций корнеплодов система машинного зрения направляет автомобиль для разгрузки корнеплодов в кагат на длительное или кратковременное хранение, или в переработку (рисунок 1) [1,5]. Применение данного способа распределения корнеплодов не приводит к увеличению времени простоя автомобиля для взятия проб, так как выполняется параллельно с другими технологическими операциями.

Данный способ имеет свои преимущества и недостатки. С одной стороны, анализ поверхности насыпи в кузове автомобиля может иметь погрешность измерений, а способ его распределения не подразумевает разделение корнеплодов на фракции, из-за чего часть корнеплодов мелкой фракции могут быть направлены на хранение.

С другой стороны, распределение корнеплодов машинным зрением позволяет определять соотношение фракций корнеплодов и, при необходимости, производить отбраковку, направляя их в переработку. Погрешность измерений нивелируется за счет высокой частоты их проведения: если отбор и анализ проб в

сырьевой лаборатории производится на одного из 3-5 автомобилей, то распределение корнеплодов машинным зрением производится в каждом кузове.



Рисунок 1 – Модуль машинного зрения на свеклопункте сахарного завода

Принцип работы машинного зрения основан на использовании метода нейронных сетей, который построен по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей. К определяемым параметрам корнеплодов сахарной свеклы относятся: крупность корнеплодов; загрязненность; наличие зеленой массы; наличие загнивших корнеплодов и плесневых поражений; засоренность насыпи сахарной свеклы.

Для снижения погрешности анализа параметров корнеплодов с применением машинного зрения необходимо обучать нейронные сети на массиве данных, которые включают в себя не только изображения насыпи корнеплодов, но и результаты определения их физических показателей. На первом этапе проводится формирование базы данных на насыпи большегрузных автомобилей, поступающих на свеклопункт с полей возделывания.

Нейронная сеть – это математическая модель и её программное обеспечение, построенные по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей [3]. Для корректной работы нейронной сети необходимо её обучение на массиве изображений, в задачи которого при выполнении распределения корнеплодов входят:

- идентификация объектов на поверхности в кузове большегрузной автомобиля с последующим игнорированием корнеплодов, расположенных ниже;
- достраивание контуров корнеплодов и верификация объектов согласно паттернам, которые будут задействованы в обучении нейронной сети;

При разработке машинного зрения для распределения корнеплодов на фракции по их размерным характеристикам были проанализированы и учтены наиболее существенные факторы, влияющие на адекватность системы распознавания объектов, к которым относятся освещение и оттенки насыпи.

1. Освещение насыпи. Одним из факторов, влияющих на степень достоверности анализа машинного зрения, является уровень освещенности насыпи корнеплодов. В течение рабочей смены естественное освещение не стабильно, что может приводить к искажению результатов. Для снижения влияния данного фактора применяется искусственное освещение (рисунок 1). При анализе насыпи в кузове большегрузного автомобиля он располагается под навесом, что позволяет нивелировать часть естественного освещения. Однако наиболее активный период, когда солнце находится в зените, активность естественного освещения может достигать  $1020 \text{ Вт/м}^2$ . В то же время мощность промышленных прожекторов в большинстве случаев составляет 50-300 Вт. Для обеспечения корректной работы машинного зрения необходимо понизить уровень освещенности в зоне фотосъемки до значений искусственного освещения.

2. Оттенки насыпи. В зависимости от размера корнеплода и метеорологических условий изменяется его оттенок: чистый корнеплод – имеет светлые оттенки, загрязненный – темные оттенки. В зависимости от оттенков контуры корнеплодов на изображении могут сливаться. Для определения отдельного контура корнеплода используются специальные фильтры, позволяющие настраивать параметры изображения: яркость, контрастность, насыщенность, температурный баланс, резкость, выдержка и другие. Также важным параметром при распознавании корнеплодов является качество обучения нейронной сети, в том числе распознавание корнеплодов вне зависимости от степени загрязненности

Для распределения корнеплодов в насыпи кузова разработан программно-аппаратный комплекс включающий: микроконтроллер, модуль-реле, светодиодное табло, лазерный дальномер, прожектор; фотокамеру, сервер и автоматизированное рабочее место оператора.

Принцип работы программно-аппаратного комплекса заключается в следующем. Микроконтроллер посылает команду для периодического проведения замеров расстояния лазерным дальномером. В случае обнаружения большегрузного автомобиля измеряемое расстояние сокращается, и микроконтроллер подает команду на модуль-реле на включение прожектора, после чего происходит фотографирование поверхности насыпи в кузове камерой. На основании полученной информации обрабатываются данные и поступает команда на табло «В ПЕРЕРАБОТКУ» или «НА ХРАНЕНИЕ». Также полученная информация с дальномера и камеры отправляется на сервер, где производится графический анализ информации с последующим выводом на автоматизированное рабочее место оператора.

На рисунке 2 представлен разработанный алгоритм работы программы распределения большегрузных автомобилей, поступающих на свеклопункт.

Программа запускается автоматически при включении микроконтроллера. В начале, лазерным



дальномером осуществляется поиск большегрузного автомобиля до тех пор, пока движение автомобиля не будет обнаружено. После этого запускается функция отслеживания полной остановки автомобиля, в которой условием полной остановки является трехкратное совпадение результатов замера лазерного дальномера. Для нивелирования погрешности измерений выполняется определение дисперсии последних трех измерений с заданным пороговым значением [3]. Далее производится подготовка к работе с камерой, при этом включается искусственное освещение для достижения необходимого уровня освещенности. С помощью камеры, параметры которой устанавливаются заранее и в течение всего цикла работы не изменяются, создается снимок и передается в нейронную сеть для обработки и обнаружения размеров корнеплодов. На основании результатов обработки данных нейронной сетью выдается результат: если крупный свёклы больше порогового значения от общего количества, большегрузный автомобиль направляется для разгрузки «НА ХРАНЕНИЕ», если меньше – «В ПЕРЕРАБОТКУ», которая дублируется световой индикацией. В алгоритме программы предусмотрена возможность установки первоочередной разгрузки автомобилей на одно из направлений (хранение или переработку). Все полученные данные (дата, время, расстояние, фотографии до и после обработки, общее количество корнеплодов, а также количество корнеплодов по фракциям) записываются в файл, архивируются и передаются на сервер. На последнем этапе срабатывает функция, определяющая отъезд большегрузного автомобиля и начало работы программы по следующему циклу [4].

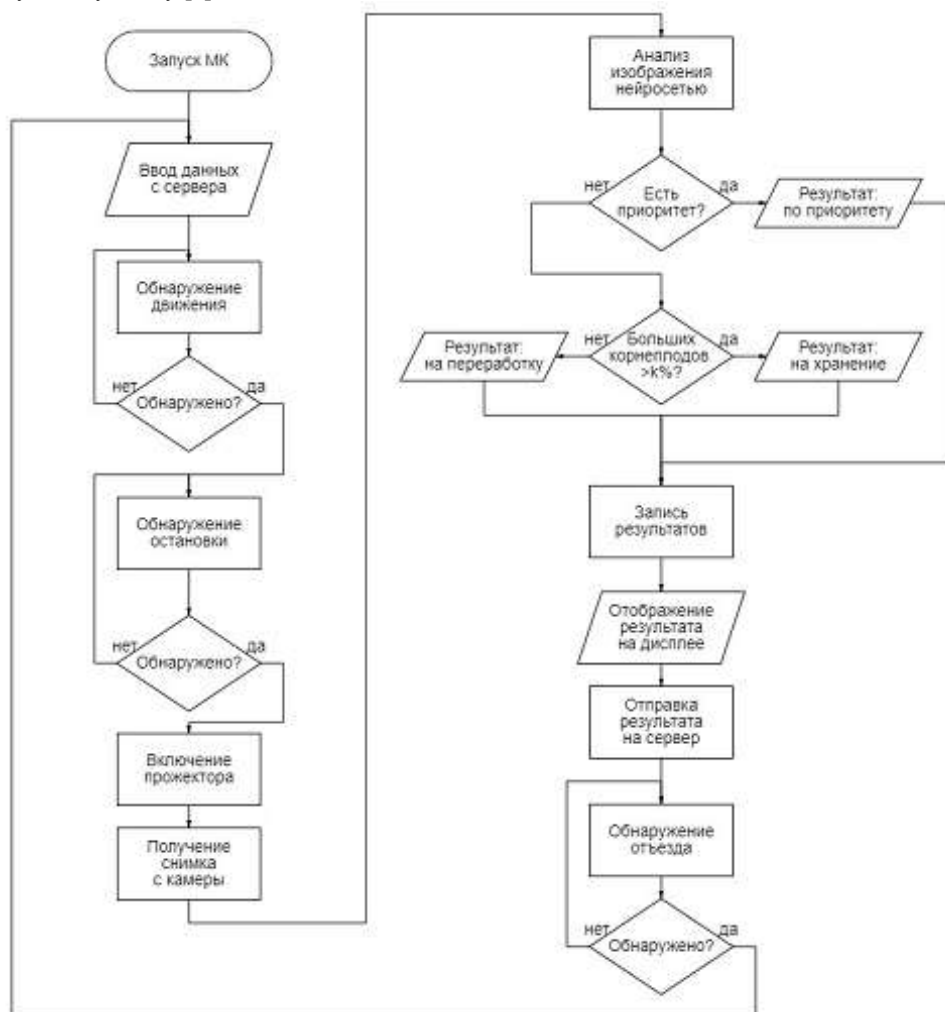


Рисунок 2 – Алгоритм работы системы машинного зрения при распределении корнеплодов сахарной свеклы по фракциям

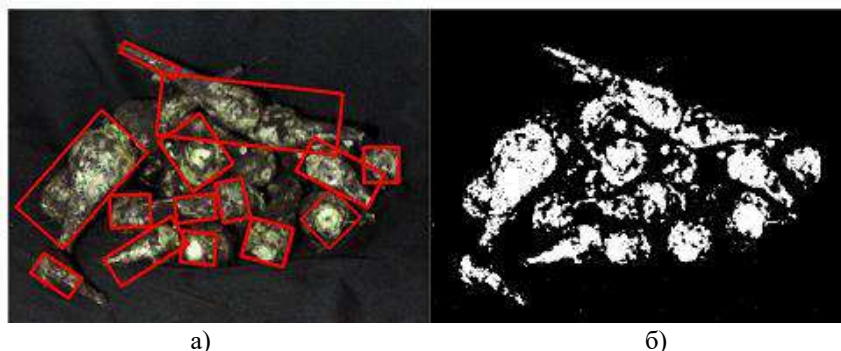
Для снижения оперативных вычислительных мощностей микроконтроллера и повышения точности распознавания отдельных корнеплодов в насыпи кузова большегрузного автомобиля необходимо применять метод наложения фильтров на изображение, который состоит из следующих этапов. Полученное изображение камерой переводится из аддитивной цветовой модели RGB в HSV, в которой координатами цвета являются  $H$  – оттенок,  $S$  – насыщенность,  $V$  – яркость. Программными средствами задаются нижние и верхние пороговые значения этих трех параметров, которые и являются фильтрами.

Функция программы, используя заданные пороговых значений, отделяет участки изображения с корнеплодами, от тех, которые отсеял фильтр.

Области изображения, которые прошли через фильтр отображаются белыми и являются искомыми, а все остальное – черным. По периметру полученных белых областей, которые соответствуют корнеплодам,

описываются контуры, которые программными средствами вписываются в прямоугольник с минимальной площадью (рисунок 3).

При определении размеров корнеплодов вначале производится расчет площади прямоугольника с учетом расстояния от камеры до насыпи корнеплодов. Далее производится запись результатов расчета: общее количество корнеплодов, а также количество корнеплодов, соответствующих фракций.



а – обрисовка контура; б – преобразованное изображение в цветовую модель HSV  
Рисунок 3 – Результат обработки изображения насыпи корнеплодов сахарной свеклы с использованием фильтров

Применение при анализе изображения методом наложения фильтров имеет недостатки. Фильтр имеет очень узкую направленность. Освещённость в течение суток изменяется, что сказывается на оттенках и яркости, из-за чего пороговые значения постоянно должны подстраиваться. В зависимости от уровня загрязнённости корнеплодов меняются оттенки и яркость, соответственно, пороговые значения изменяются. Погодные условия (снег, дождь) оказывают существенное влияние при настройке фильтров. Совокупность влияющих на результат определения факторов приводит к выводу: чтобы фильтр работал адекватно при постоянно изменяющихся условиях, необходимо произвести подбор конфигураций настроек либо ввести большое количество дополнительных условий, что существенно повысит нагрузку на вычислительные мощности. Кроме того, из-за постоянно меняющегося расстояния от камеры до насыпи корнеплодов цена деления пикселя на 1 миллиметр изменяется.

Фильтр удаляет контуры определённых длин с учетом пороговых значений: по минимальным и максимальным размерам. Кроме того, необходимо вводить дополнительные поправки на удаление этих контуров по размерам для корректной работы программы. При слишком близкой или слишком отдалённой по расстоянию съёмке будут удаляться почти все контуры.

Для решения задачи по распределению корнеплодов по фракциям машинным зрением использование только метода наложения фильтров на изображения не обеспечивает необходимую точность измерений. Поэтому основным инструментом при распознавании корнеплодов остаются нейронные сети. Тем не менее, перспективным направлением является предварительная подготовка изображения посредством наложения фильтров для облегчения работы нейронной сети.

Машинное зрение было внедрено на сахарных заводах Тамбовской и Курской областей и применялось для определения загрязнённости, сколов, наличия зеленой массы и подмороженных корнеплодов в кузове. Эта система использовалась преимущественно для определения зеленой массы и сколов на корнеплодах [1].

**Заключение.** При дальнейшем совершенствовании программно-аппаратного комплекса системы машинного зрения для распределения корнеплодов возможно применение предложенного оборудования непосредственно на свеклоуборочных комбайнах. Это позволит определять размеры корнеплодов непосредственно в момент уборки сахарной свеклы и определять очередность их разгрузки из кузова транспортного средства в переработку. При этом кагаты, сформированные преимущественно из мелких корнеплодов, будут поступать в переработку первыми. В дальнейшем возможно совершенствование свеклоуборочных комбайнов с разделением корнеплодов на фракции и формировании кагатов только из корнеплодов крупной или мелкой фракции.

#### Литература

- 1.Завражнов А.И., Кольцов С.М. Сортировка сахарной свёклы с применением машинного зрения как способ повышения сохранности свеклосахарного сырья // Сахар. – 2022. – № 8. – С. 32-36. – DOI 10.24412/2413-5518-2022-8-32-36. – EDN OXYDIY.
2. Елизаров И.А., Мартемьянов Ю.Ф., Схиртладзе А.Г. Технические средства автоматизации. Программно-технические комплексы и контроллеры // Ст. Оскол, 2020. – 236 с.
- 3.ВИСКОНТ. Свекла [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.mallenom.ru/products/proslezhiivamost/viskontsvckla/> (дата обращения: 29.07.2022).
4. Balabanov P.V., Divin A.G.1, Egorov A.S., Yudaev V.A. Mechatronic system for fruit and vegetables sorting // IOP conference series: materials science and engineering. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk, Russia, 2020. – P. 012128.

5. Блинов К.С., Егоров А.С. Управление системой сортировки с использованием коллаборативного робота / Материалы XVI Всероссийской школы-конференции молодых учёных «Управление большими системами». – Тамбов. – 2019. – С. 183-187с.

УДК 631.331

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ НА ПОСЕВНОМ АГРЕГАТЕ, ОСНАЩЕННОМ СИСТЕМОЙ КОНТРОЛЯ ВЫСЕВА СЕМЯН

А.В. <sup>1</sup>Балашов, д.т.н., С.П. <sup>1</sup>Стрыгин, к.т.н., Н.Ю. <sup>1</sup>Пустоваров, к.т.н., А.В. <sup>1</sup>Крищенко, инженер, С.Г. <sup>2</sup>Хайруллина, к.т.н.

<sup>1</sup>ФГБНУ ВНИИТиН, г. Тамбов, Российская Федерация

<sup>2</sup>НАО «ЗКАТУ ИМЕНИ ЖАНГИР ХАНА», г. Уральск, Республика Казахстан

Современные отечественные и зарубежные пропашные сеялки оснащены собственными системами контроля и управления процессом высева с одинаковым функциональным назначением отличающиеся по типам применяемых датчиков, разъемам, интерфейсу, протоколам связи и другим параметрам. На основании проведенного нами анализа схем и устройств управления работой современных сеялок с электрическими приводами рабочих органов пропашными [1-5], была разработана принципиальная схема системы контроля и управления процессом высева семян пропашных культур электрифицированной сеялки, которая представлена на рисунке 1 [6].

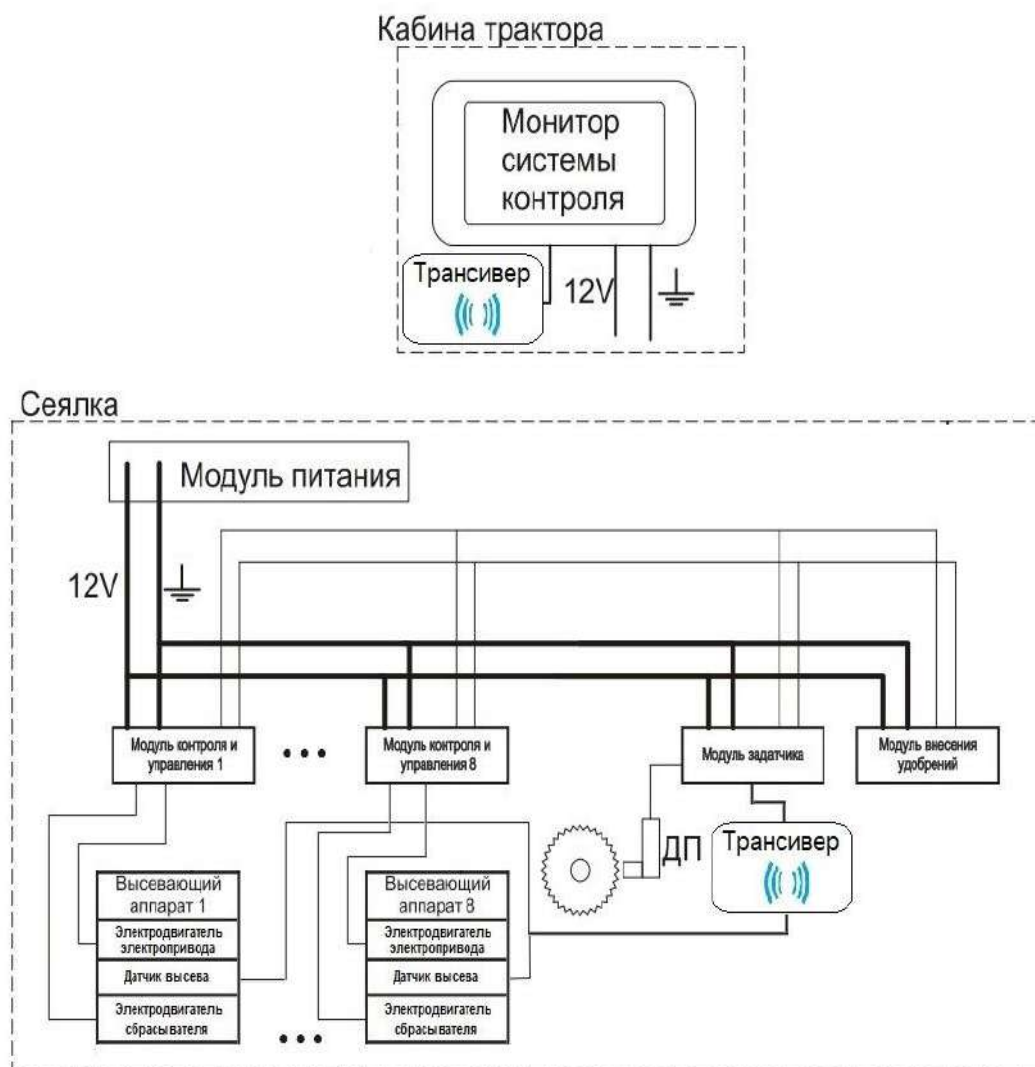


Рисунок 1 - Принципиальная схема системы контроля и управления процесса высева семян пропашных культур электрифицированной сеялкой

Предлагаемая система контроля и управления процесса высева кроме необходимых элементов (датчиков высева и пути, контроллера и кабельной разводки) дополнительно оснащается блоком сбора и обработки информации (БСОИ), который представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Блок сбора и обработки информации (БСОИ)

В этом блоке, установленном на сеялке, собирается информация от датчиков высева и пути и объединяется в единый поток, далее передается по радиосвязи на контроллер, установленный в кабине трактора (рисунок 3)



Рисунок 3 – Контроллер

При работе посевного агрегата контроллер получает пакет информации с данными от датчиков, сохраняет их в памяти и выводит информацию с каждого датчика высева на монитор контроллера в режиме реального времени. По монитору механизатор настраивает режимы работы сеялки исходя из заданных параметров посева с учетом производственных условий.

Система контроля и управления процесса высева семян работает следующим образом. С помощью трансивера данные передаются через модуль задатчика. После получения информации о скорости движения агрегата от датчика пути (ДП), модуль задатчика формирует соответствующие управляющие сигналы и передает их в модули контроля и управления. Эти модули осуществляют непосредственное управление электродвигателями привода вращения высевающих дисков и перемещения сбрасывателя «двойников» семян. Сигналы, полученные от датчиков высева, установленных в сошнике каждого высевающего аппарата, используются в качестве обратной связи. При получении данных от датчиков высева, модуль задатчика вносит коррективы в работу соответствующих электродвигателей на высевающем аппарате. Например, если на определенном высевающем аппарате обнаруживается несколько семян у одного отверстия на диске, то модуль задатчика может изменить положение сбрасывателя «двойников». [7]

При отклонении от заданной нормы высева семян или нарушении технологического процесса посева, срабатывает звуковая сигнализация и на мониторе контроллера отображается место или значения параметра на соответствующем высевающем аппарате. Кроме того, на мониторе контроллера отображается информация о засеянной площади, состоянии канала связи, параметрах источника питания и данные от датчика пути. В случае разрыва соединения с блоком сбора и обработки информации (БСОИ), на мониторе выводится сообщение: "Нет связи с модулем!" (рисунок 4г).

Для радиообмена между блоком сбора и обработки информации (БСОИ) и контроллером используется трансивер с чипом nRF24L01, который поддерживает различные скорости передачи цифровых данных в радиозфире от 250 кбит/с до 2 Мбит/с. Он работает в промышленном (научном и медицинском) диапазоне радиочастот. от 2400 до 2500 МГц, не требующего специальной регистрации. Для взаимодействия с микроконтроллером чип использует 4-х проводную шину SPI. Микросхема позволяет настраивать длину адреса на 3 или 5 байт, а также длину пакета от 1 до 32 байт, что дает возможность настраивать размер передаваемых пакетов.

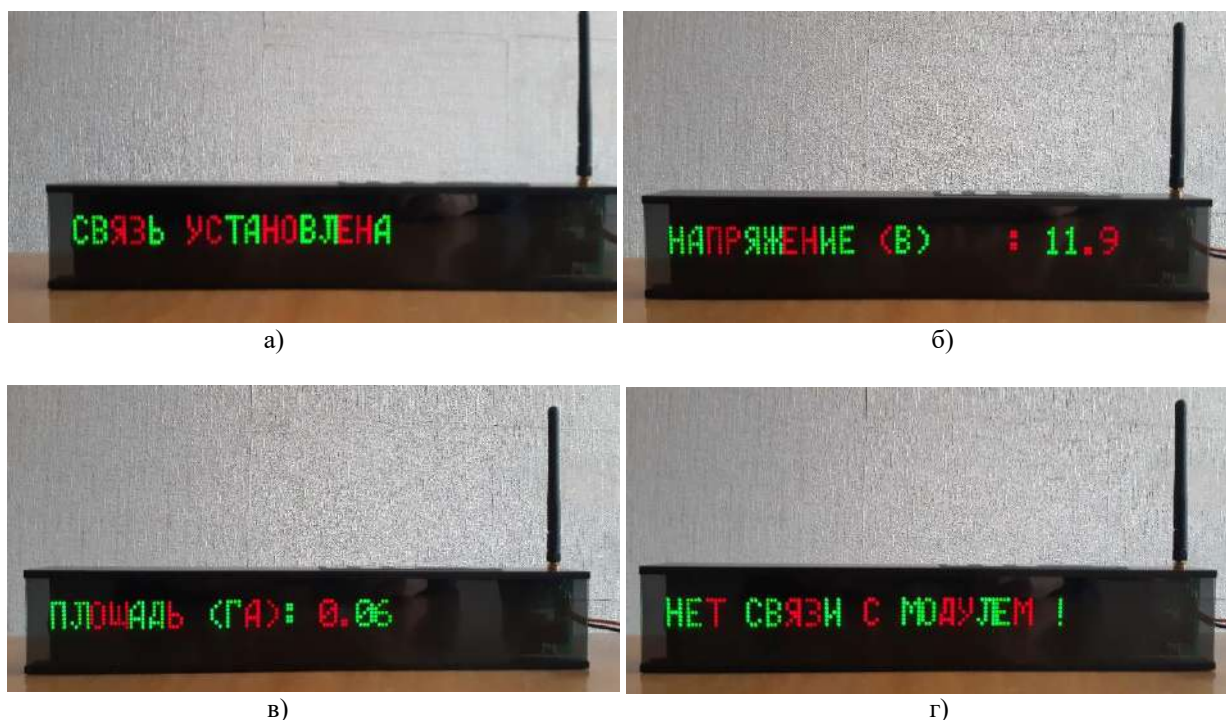


Рисунок 4 – Информация на мониторе контроллера

Чип потребляет минимум 0,9 мкА в режиме power-down, до 11,3 мА в режиме передачи и до 13,5 мА в режиме приема. В режимах готовности (standby-I и standby-II) потребление составляет 26 и 320 мкА соответственно. Энергопотребление в режиме передатчика может быть снижено за счет оптимизации процесса при работе чипа в энергоемких режимах, используя методы автоматизации передачи пакетов. [8]

Использование трансивера с заданной скоростью передачи данных в 1 МГц, длиной пакетов данных в 16 бит и длиной адреса в 3 байта обеспечивает надежную передачу данных на расстояние до 50 метров, которое значительно превышает расстояние между сеялкой и кабиной трактора.

**Заключение.** Применение беспроводной связи повышает надежность передачи данных и обеспечивает длительную автономную работу системы в полевых условиях, исключает при этом нарушение технологического процесса высева из-за риска обрыва кабеля при проводной связи между трактором и сеялкой. Кроме того, настройка режимов работы микросхемы трансивера позволяет снизить энергопотребление, что продлевает срок работы системы от источника питания без его подзарядки.

#### Литература

1. Development and evaluation of a low-cost precision seeding control system for a corn drill / X. Yin, C. Jin, N. Noguchi, T. Yang // *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. – 2018. – Vol. 11. – No 5. – P. 95-99. – DOI 10.25165/ijabe.v11i5.3369.
2. Results of laboratory and bench-scale studies of seed dispensers with an electric drive of working tools / A. Zavrazhnov, A. Balashov, S. Strygin, N. Pustovarov, A. Zavrazhnov // *Nexo Revista Científica*, Vol. 34 No. 06 (2021), p. 1761-1767 – DOI 10.5377/nexo.v34i06.13150.
3. Sun, D., Cui, Q., Zhang, Y., Hou, H. Performance test of the 2BDE-2 type millet fine and small-amount electric seeder // *Agricultural Engineering*, 2020 Vol. 60. – No. 1. - P. 129–136. – DOI 10.35633/INMATEH-60-15.
4. E-Powered Multi-purpose two-row seeder for smallholders / Singh S, Singh M, Ekka U // *Indian Journal of Agricultural Sciences*. – 2019. – Vol. 89. – No 12. – P. 2091-2095.
5. Development and research of seeding devices for selected self-propelled pneumatic seeder / N. P. Kryuchin, D. N. Kotov, A. N. Andreev, O. A. Artamonova // *International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2021) : Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources, Kazan, 28–29 мая 2021 года.* – Kazan: EDP Sciences, 2021. – P. 00092. – DOI 10.1051/bioconf/20213700092.
6. Лабораторно-стендовые исследования высевающего аппарата, оборудованного электрическим приводом / А. И. Завражнов, А. В. Балашов, С. П. Стрыгин, Н. Ю. Пустоваров // *Наука в центральной России.* – 2022. – № 1(55). – С. 13-19. – DOI 10.35887/2305-2538-2022-1-13-19.
7. Исследование электропривода модернизированного высевающего аппарата сеялки точного высева / А.В. Балашов, Н.Ю. Пустоваров, С.П. Стрыгин, А.А. Синельников // *Сельский механизатор.* - 2022. - № 8. - С. 14-15.
8. nRF24 Series [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.nordicsemi.com/products/nrf24-series> (дата обращения 02.09.2022).

УДК 631.331.85

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОПАШНОЙ СЕЯЛКИ С ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ**

**С.П. <sup>1</sup>Стрыгин, к.т.н., Н.Ю. <sup>1</sup>Пустоваров, к.т.н., С.Г. <sup>2</sup>Хайруллина, к.т.н., В.В. <sup>3</sup>Конкина, к.т.н., А.С. <sup>3</sup>Заводнов, студент**

<sup>1</sup>ФГБНУ ВНИИТиН, г. Тамбов, Российская Федерация

<sup>2</sup>НАО «ЗКАТУ ИМЕНИ ЖАНГИР ХАНА», г. Уральск, Республика Казахстан

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО ТГТУ, г. Тамбов, Российская Федерация

Автоматизация процессов при посеве пропашных культур играет важнейшую роль в современном сельском хозяйстве. Она позволяет повысить эффективность использования ресурсов, обеспечивает более точное распределение семян, регулирует глубину посева и расстояние между растениями, что приводит к более высоким урожаям и снижению потребности в ручном труде. Кроме того, автоматизация снижает риск ошибок и позволяет оперативно реагировать на переменные условия, что особенно важно в сельском хозяйстве, где влияние природных факторов на результаты работы непредсказуемо. Все это в совокупности способствует повышению эффективности производства сельскохозяйственной продукции и улучшает экономическую устойчивость сельскохозяйственных предприятий [1-3].

Автоматизация процессов в сельском хозяйстве имеет несколько важных преимуществ и причин, почему она является ключевым элементом современного сельского хозяйства. Автоматизированные процессы могут выполняться более быстро, эффективно и точно, что в конечном итоге увеличивает общую производительность труда. Автоматизация снижает необходимость ручной выполнения множества рутинных задач, что освобождает время для более важных и стратегических задач. Автоматизированные системы требуют меньшего количества рабочих рук, что позволяет сельхозпроизводителям сократить расходы на оплату труда. Благодаря более точному контролю и регулированию производственных процессов, качество сельскохозяйственной продукции может быть значительно улучшено [4]. Некоторые автоматизированные системы позволяют оптимизировать использование ресурсов, таких как вода, удобрения и пестициды, что способствует более экологически устойчивому сельскому хозяйству. Системы автоматизации позволяют собирать и анализировать большие объемы данных, что помогает сельхозпроизводителям принимать более обоснованные решения и улучшать стратегию ведения хозяйства [5]. Автоматизация позволяет сельхозпроизводителям быть более конкурентоспособными на рынке, так как она может снизить затраты производства, улучшить качество продукции и сократить время производственных циклов. Внедрение автоматизации стимулирует развитие новых технологий и инноваций в сельском хозяйстве, что способствует его современному развитию и улучшению [6-9].

В целом, автоматизация процессов в сельском хозяйстве играет важную роль в повышении эффективности, устойчивости и конкурентоспособности аграрного сектора. В настоящее время можно выделить следующие тенденции в развитии сельскохозяйственной техники, в частности пропашных сеялок:

1. Повешение точности посева: С развитием технологий GPS и автопилотирования, пропашные сеялки стали все более точными в распределении семян. Они способны оптимизировать расход семян, что позволяет улучшить выход урожая и снизить расходы на посев.

2. Увеличение рабочей скорости: Сеялки тенденционно стали более производительными. Применение передовых технологий и материалов позволяет им работать с более высокими скоростями, увеличивая производительность и экономя время.

3. Многофункциональность: Современные сеялки часто предлагают дополнительные опции, такие как внесение удобрений, обработка почвы, контроль глубины посева и многие другие функции, что позволяет сельхозпроизводителям оптимизировать рабочий процесс.

4. Автоматизация и искусственный интеллект: Некоторые современные сеялки оснащены системами искусственного интеллекта, позволяющими анализировать данные о почве и погодных условиях, адаптировать параметры посева и давать рекомендации по оптимизации процесса. Кроме того, современные сеялки могут быть интегрированы в системы мониторинга и управления, что позволяет сельхозпроизводителям удаленно контролировать и управлять процессом посева.

5. Системы мониторинга и телеметрии: Современные сеялки могут быть оснащены системами мониторинга, позволяющими операторам отслеживать работу оборудования в реальном времени, а также собирать данные о производительности и эффективности работы.

6. Экологическая устойчивость: Важное направление развития – это создание более экологически чистых и эффективных сеялок. Это может включать в себя улучшенные системы обработки почвы, снижение расходов удобрений и пестицидов, а также оптимизацию ресурсопотребления.

7. Улучшенные материалы и конструкции: Применение новых материалов и технологий в производстве сеялок позволяет увеличить их надежность, долговечность и снизить вес.

8. Адаптация к разным типам почв и культур: Сеялки становятся все более универсальными и адаптивными к различным агроклиматическим условиям и типам почв, что позволяет сельхозпроизводителям эффективно вести сельское хозяйство в разных регионах.

Эти тенденции призваны повысить эффективность сельского хозяйства, сократить затраты и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду [10-13]. Важным моментом является возможность автоматизации производственных процессов, в силу чего возникает вопрос о выборе оптимальных рабочих органов пропашных сеялок. Одним из перспективных направлений является использование электрических приводов. Использование электрических приводов в сельскохозяйственной технике, включая пропашные сеялки, имеет ряд преимуществ и перспектив. Вот несколько ключевых аспектов:

1. Эффективность и точность. Электрические приводы обеспечивают более точное и эффективное распределение семян по сравнению с механическими системами. Они позволяют точно регулировать скорость сеялки и количество семян, что важно для достижения оптимальной плотности посева.

2. Минимизация отходов. Благодаря точной настройке расхода семян, электрические приводы помогают минимизировать пересев и перерасход семян. Это важно с экономической и экологической точек зрения.

3. Энергоэффективность. Современные электрические приводы могут быть оптимизированы для работы с низкими энергозатратами, что снижает общий энергопотребление сеялки.

4. Возможности автоматизации и интеграции. Электрические приводы легче интегрируются с современными системами автоматизации и мониторинга. Это позволяет сельхозпроизводителям осуществлять удаленное управление и мониторинг процесса высева.

5. Гибкость и адаптивность. Электрические приводы могут быть гибкими в регулировании скорости и параметров работы, что позволяет адаптировать сеялку к разным условиям почвы и высеваемой культуры.

Общий тренд в сельском хозяйстве - это стремление к увеличению эффективности и уменьшению воздействия на окружающую среду. В этом контексте, применение электрических приводов в пропашных сеялках имеет явные перспективы и может стать важным шагом в улучшении сельскохозяйственных процессов [14-15].

Важным вопросом применения электроприводов в целях автоматизации процессов в АПК является выбор системы автоматического управления. Автоматическое управление – это системы и технологии, позволяющие автоматически регулировать работу различных процессов, устройств и систем. Включает в себя широкий спектр методов и алгоритмов [16].

Модельно-предсказательное управление (МРС). Этот метод использует математическую модель объекта управления для прогнозирования его поведения в будущем и принятия решений с учетом этого предсказания. К плюсам данной модели можно отнести то, что она учитывает динамику объекта управления, что позволяет более точно предсказывать его поведение, может оптимизировать управление, учитывая долгосрочные цели. Однако, данная модель требует точной математической модели объекта управления, которая не всегда может быть точно известна, а также вычислительно более сложна и может потребовать больших вычислительных ресурсов [14-17].

Адаптивное управление. Адаптивные системы способны автоматически корректировать параметры управления в зависимости от изменяющихся условий окружающей среды или объекта управления. Достоинствами данной системы управления являются: способность адаптироваться к изменяющимся условиям в реальном времени, возможность использования для управления нелинейными и переменными по времени системами. К минусам же можно отнести сложность в настройке и требование хорошего знания процесса, а также нестабильность в некоторых условиях [14-17].

Оптимальное управление – этот метод стремится к поиску таких управляющих сигналов, которые минимизируют некоторый критерий качества (например, затраты, время, энергопотребление). Важными достоинствами данной модели управления является минимизация критерия качества, что позволяет достичь оптимальных результатов, эффективность для сложных систем с нелинейными характеристиками. Но при этом данная система требует точного знания модели системы и параметров критерия качества, а также вычислительно сложна, особенно для сложных систем [17, 18].

Размытое управление (Fuzzy Control). Основано на использовании правил типа "если-то", которые позволяют управлять системой в условиях нечёткости и неопределённости. Данная система управления позволяет работать с нечеткими и неопределенными данными и может быть эффективным для систем с переменными и нелинейными характеристиками, но, в то же время, не всегда обеспечивает оптимальные результаты и требует экспертных знаний для настройки и применения [19].

ПИД-регулирование – применяется в широком спектре систем автоматического управления, начиная от простых механизмов до сложных производственных процессов. Важными особенностями данной системы управления являются простота реализации и настройки и эффективность для стабилизации систем с относительно простыми динамическими характеристиками.

Каждая из этих систем имеет свои преимущества и недостатки, и выбор подходящей зависит от конкретной ситуации, характеристик объекта управления и требований к управлению.

В пропашных сеялках с электрическим приводом для оптимального контроля процесса посева, наиболее подходящей системой может быть ПИД-регулирование. Основными причинами использования ПИД-регулирования в пропашных сеялках с электрическим приводом дисков высевающих аппаратов:

1. Простота настройки и реализации: ПИД-регулирование относительно просто в реализации и настройке, что делает его доступным для широкого круга пользователей.

2. Стабилизация процесса посева: ПИД-регулирование позволяет поддерживать стабильное равномерное распределение семян, что является критически важным для успешного выращивания культур.

3. Управление скоростью работы сеялки: ПИД-регулирование может быть эффективно для регулирования скорости движения сеялки в зависимости от изменяющихся условий почвы и других факторов.

4. Возможность учета динамических изменений: ПИД-регулирование позволяет быстро реагировать на изменения условий, такие как неровности почвы, непредвиденные препятствия и т.д.

5. Эффективное решение для большинства простых и некритических задач: В большинстве случаев, когда требуется поддерживать стабильные и предсказуемые параметры процесса, ПИД-регулирование может быть довольно эффективным [17-22].

Таким образом, автоматизация процессов при посеве пропашных культур играет важнейшую роль в современном сельском хозяйстве. Она позволяет повысить эффективность использования ресурсов, обеспечивает более точное распределение семян, регулирует расстояние между растениями, что приводит к более высоким урожаям и снижению потребности в ручном труде. Кроме того, автоматизация снижает риск ошибок и позволяет оперативно реагировать на переменные условия, что особенно важно в сельском хозяйстве, где влияние природных факторов на результаты работы непредсказуемо. Все это в совокупности способствует повышению эффективности производства сельскохозяйственной продукции и улучшает экономическую устойчивость сельскохозяйственных предприятий. В свою очередь, ПИД-регулирование является оптимальным для управления электрическими приводами пропашных сеялок по ряду ключевых причин. Во-первых, пропорционально-интегрально-дифференциальная стратегия позволяет точно контролировать скорость посева, что критически важно для обеспечения равномерного распределения семян в почве. Пропорциональная компонента реагирует на текущее отклонение от установившегося значения, интегральная компенсирует накопившиеся ошибки, а дифференциальная амортизирует резкие изменения. Во-вторых, ПИД-регулирование позволяет адаптироваться к изменяющимся условиям почвы и сельскохозяйственной техники, обеспечивая стабильность процесса посева независимо от внешних факторов. Также, благодаря своей простоте в реализации и настройке, ПИД-регулирование обладает высокой надежностью в работе, что особенно ценно в сельском хозяйстве. В итоге, использование ПИД-регулирования в электрических приводах пропашных сеялок способствует повышению качества сельскохозяйственной продукции и эффективности производственных процессов в сельском хозяйстве.

#### Литература

1. Golnaraghi F., Kuo B. C. Automatic control systems. – McGraw-Hill Education, 2017, pp. 384.
2. Ogata K. Modern control engineering, fifth edition. – Prentice Hall, 2010, pp. 894.
3. Юревич Е. Теория автоматического управления, 4 изд. – БХВ-Петербург, 2016.
4. Коновалов Б. И., Лебедев Ю. М. Теория автоматического управления //Томск: ТУСУР. – 2010.
5. Åström K. J., Murray R. M. Feedback systems: an introduction for scientists and engineers. – Princeton university press, 2021, pp. 392.
6. Nise N. S. Control systems engineering. – John Wiley & Sons, 2020.
7. Душин С. Е., Зотов Н. С., Имаев Д. Х. Теория автоматического управления: учебник для вузов //Москва: Высшая школа. – 2009. – Т. 567.
8. Воронов А. А., Титов В. К., Новогранов Б. Н. Основы теории автоматического регулирования и управления: учеб. пособие для вузов. – Высшая школа, 1977.
9. Phillips C. L., Nagle H. T., Chakraborty A. Digital control system analysis and design. – Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1990. – Т. 2.
10. Chen F. C., Khalil H. K. Adaptive control of nonlinear systems using neural networks //International journal of control. – 1992. – Т. 55. – №. 6. – P. 1299-1317.
11. Lathi B. P., Green R. A. Linear systems and signals. – New York: Oxford University Press, 2005. – Т. 2.
12. Hallam T. G. David g. luenberger: Introduction to dynamic systems, theory, models, and applications. new york: John wiley & sons, 1979, 446 pp. – 1981.
13. Ким Д. П. Теория автоматического управления. – Физматлит, 2003.
14. Воронов А. А. Основы теории автоматического управления: Автоматическое регулирование непрерывных линейных систем //Физика. – 1980. – Т. 53. – №. 09. – С. 3.
15. Первозванский А. А. Курс теории автоматического управления. – М.: Наука, 1986. –Т. 616.
16. Ким Д. П. Теория автоматического управления. Том 2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы. Учебник. – 2007.
17. Муромцев Ю. Л., Муромцев Д. Ю. Основы автоматизации и системы автоматического управления //Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та. – 2008.
18. Автушко В. П., Жилевич М. И., Гиль С. В. Теория автоматического управления. – БНТУ, 2008.
19. Поляков К. Ю. Теория автоматического управления для «чайников» //Санкт-Петербург, 2008г.–80с. – 2008.
20. Первозванский А. А. Курс теории автоматического управления. – М.: Наука, 1986. – Т. 616.
21. Stengel R. F. Optimal control and estimation. – Courier Corporation, 1994.
22. Попов Е. П. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления. – Наука, 1989.



УДК 631.331

**МОДЕРНИЗАЦИЯ ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА ДЛЯ ПОСЕВА СЕМЯН СОИ ПУНКТИРНО-ГНЕЗДОВЫМ СПОСОБОМ**

**А.В. <sup>1</sup>Балашов, д.т.н., С.П. <sup>1</sup>Стрыгин, к.т.н., Н.Ю. <sup>1</sup>Пустоваров, к.т.н., А.А. <sup>1</sup>Синельников, к.т.н., С.Г. <sup>2</sup>Хайруллина, к.т.н.**

<sup>1</sup>ФГБНУ ВНИИТиН, г. Тамбов, Российская Федерация

<sup>2</sup>НАО «ЗКАТУ ИМЕНИ ЖАНГИР ХАНА», г. Уральск, Республика Казахстан

**Введение.** Соя представляет собой одну из важнейших культур, обладающих пищевой, лечебной, кормовой, технической и агротехнической ценностью. Продукты, производимые из соевых бобов, широко применяются в качестве корма, а также в производстве хлебобулочных, крупяных, кондитерских изделий, а также в различных отраслях промышленности: лакокрасочной, текстильной, парфюмерной, фармацевтической, бумажной и других. [1-5] Поэтому увеличение объемов производства сои представляет собой важную задачу, имеющую стратегическое значение для развития страны.

На основе анализа способов посева сои в современных технологиях её возделывания и проведенного нами предварительного полевого опыта предлагается применять широкорядный пунктирно-гнездовой способ, при котором три семени равномерно размещаются в гнездах с заданным расстоянием между ними [6-7].

Пунктирно-гнездовой способ посева сои характеризуется количеством семян в каждом гнезде, расстоянием между гнездами и шириной междурядий. Этот способ посева способствует лучшей освещенности растений, что благоприятно сказывается на развитии их корневой и надземной частей. При этом способе посева по сравнению с рядовым уменьшается потребности в семенах и инокулянтах для предпосевной их обработки.

Кроме того, широкорядное размещение растений позволяет применять междурядную обработку посевов. Пунктирно-гнездовой способ посева способствует высокому прикреплению нижних бобов на стеблях и уменьшает потери бобов при уборке урожая. [8]. Несмотря на преимущества предложенного способа посева сои он не нашел широкого распространения в хозяйствах из-за отсутствия сеялок с высевальными аппаратами, обеспечивающие пунктирно-гнездовое размещение семян в рядке при заданной норме высева.

Нами предлагается механическая сеялка для посева сои пунктирно-гнездовым способом с разработанным модернизированным высевальным аппаратом, оснащенным диском с ячейками диаметром отверстий соответствующего размеру семян. Выбор механического высевального аппарата определен из-за его простоты конструктивного исполнения и надежности в работе [9,10]. Для этого были теоретически обоснованы конструктивно-режимные параметры модернизированного высевального аппарата. Определены интервалы между семенами в гнезде и между гнездами [11-14].

Цель данной работы - усовершенствование аппарата для посева семян сои пунктирно-гнездовым способом.

**Основная часть.** Лабораторно-стендовые исследования проводились в лаборатории "Использование МТА" ФГБНУ ВНИИТиН с использованием модернизированного высевального аппарата [12, 15-17]. При исследованиях фиксировались с помощью датчика высева временные интервалы между выбросами семян из ячеек высевального диска. Лабораторно-стендовыми исследованиями установлены конструктивно-режимные параметры высевального аппарата и его параметры: заполняемость ячеек на уровне 97-99, коэффициент вариации распределения семян в группе изменялся в зависимости от режима работы модернизированного аппарата от 0,1 до 0,3, а между группами семян составлял от 0,045 до 0,17. Дробление семян, в зависимости от частоты вращения диска высевального аппарата, варьировалось от 0,8 до 1,21% (рисунок 1).

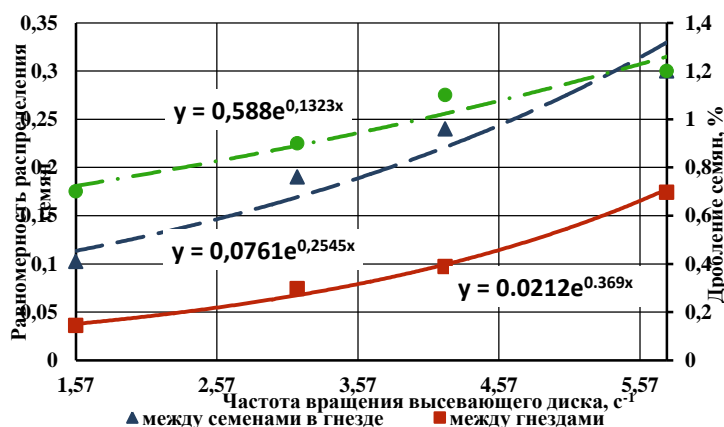


Рисунок 1 – Результаты лабораторных исследований экспериментального высевального аппарата для пунктирно-гнездового посева сои

В результате проведенных лабораторных исследований была разработана механическая сеялка для посева семян сои гнездовым способом, рисунок 2. Она изготавливается на базе пропашной сеялки ССТ-12 с

улучшенной кинематикой механизма привода и новым высевающим аппаратом. На этой сеялке устанавливаются 12 секций рабочих органов [18].



Рисунок 2 – Сеялка с модернизированными высевающими аппаратами для посева семян сои пунктирно-гнездовым способом

Пунктирно-гнездовой посев сои был проведен на опытной делянке в МФП "Нива" Тамбовского района Тамбовской области модернизированной сеялкой с системой контроля высева семян. Сеялка была на режимы в соответствии с полученными значениями показателей полученным в результате лабораторно-стендовых исследований. Были определены качественные показатели работы посевного агрегата: неравномерность высева и глубина заделки семян.

Интервалы между семенами в гнездах и между гнездами в рядке были определены при вскрытии рядков и по всходам сои. При этом были выявлены незначительные отклонения от расчетных значений, которые не превышали агротехнические требования на исследуемый способ посева сои. Так, при скорости посевного агрегата 1,64 м/с большинство семян были размещены в гнездах с интервалом от 39 до 46 мм (расчетный интервал - 42 мм), а расстояния между гнездами в рядке варьировались от 79 до 84 мм (расчетное значение - 82 мм) [19].

По результатам полевых исследований была определена биологическая урожайность сои на исследуемых делянках с учетом массы 1000 бобов и их влажности, густоты насаждений растений, а также, суммарная площадь листьев на одном растении в фазе созревания бобов и среднее количество зерен на одном растении, рисунок 3 [19].

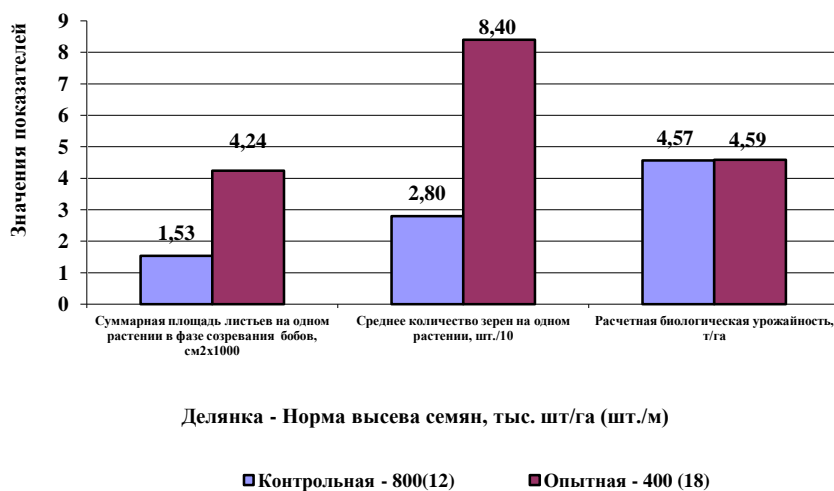


Рисунок 3 – Результаты сравнительной оценки состояния посевов сои посеянной различными способами

Следует отметить, что высота прикрепления нижних бобов на растениях опытной делянки колеблется от 140 до 170 мм, а на контрольной делянке - от 80 до 120 мм. Высота прикрепления бобов оказывает существенное влияние на потери зерна при уборке, особенно когда жатка комбайна настроена на низкий срез [19]. Результаты полевых исследований показывают, что при применении пунктирно-гнездового способа посева сои активизируются рост и развитие растений. Исследованиями установлено, что на опытной делянке суммарная площадь листьев на одном растении в фазе созревания бобов увеличивается в 2,77 раза по сравнению с контрольной делянкой, а среднее количество бобов на одном растении на опытной делянке превышает количество бобов в 3 раза полученных на контрольной делянке. Биологическая урожайность сои при исследуемом способе посева на опытной делянке составила более 40 ц/га, что на 5% превышает

урожайность сплошного посева на контрольной делянке, несмотря на увеличенную в 2 раза норму высева семян при сравниваемом способе посева.

**Заключение.** Использование модернизированных высевающих аппаратов на пропашной сеялке для пунктирно-гнездового посева сои обеспечило равномерные распределения семян в гнездах и расстояний между гнездами с небольшими отклонениями от расчетных показателей при работе агрегата на скорости 1,64 м/с. За счет создания оптимальных условий для роста и развития растений урожайность сои была на уровне урожайности сои, посеянной сплошным рядовым способом, при уменьшенной норме высева, что позволило сократить расходы на семена и инокулянты, и получить экономический эффект в расчете на гектар посевов более 6,5 тыс. рублей [20].

#### Литература

1. Cyntia Silva, F. Encrypted antimicrobial and antitumoral peptides recovered from a proteinrich soybean (*Glycine max*) by-product / F. Cyntia Silva, V. Mauricio Afonso, V. Giovanni Carlo, P. Patricia Ribeiro, P. Vania Margaret Flosi, D. Eduardo Mere // *Journal of Functional Foods*. – 2019. – № 54. – P. 187-198.
2. Chaturika, W. Soybean seed physiology, quality, and chemical composition under soil moisture stress / W. Chaturika, K. Raja Reddy, B. Nacer // *Food Chemistry*. – 2019. – № 278. – P. 92-100.
3. Miransari, M. Soybean N fixation and production of soybean inocula / M. Miransari // *Abiotic and Biotic Stresses in Soybean Production*. – 2016. – P. 107 – 129.
4. Антонов, С.И. Соя – универсальная культура / С.И. Антонов // *Земледелие*. – 2000. – № 1. – С. 15.
5. Белоногов, А. Соя – культура больших возможностей / А. Белоногов, Л. Половинко, Д. Левантин // *Молочное и мясное скотоводство*. – 1999. – № 6. – С. 13-14.
6. Кандаков, Н.В. Влияние различных уровней минерального питания и способов посева на урожайность и посевные качества семян сои / Н.В. Кандаков // *Стратегия развития российского аграрного образования и аграрной науки в XXI веке. Материалы научно-практической конференции, посвящённой 70-летию Уральской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2010. – С. 170-172.
7. Ващенко, А.П. Соя на Дальнем Востоке / А.П. Ващенко, Н.В. Мудрик, П.П. Фисенко, Л.А. Дега, Н.В. Чайка, Ю.С. Капустин. – Владивосток: Дальнаука. – 2010. – С. 435.
8. Хайруллина, С.Г. Результаты проведения полевого опыта по способам посева семян сои сорта «Лиссабон» в Тамбовской области / С.Г. Хайруллина, В.П. Капустин, А.В. Балашов, С.В. Дидоренко // *Вестник Государственного университета имени Шакарима города Семей*. №3 (83), 2018. – г. Семей – 2018. – С. 297-302.
9. Крючин, Н.П. Посевные машины. Особенности конструкции и тенденции развития: Учебное пособие / Кинель: Самарская ГСХА, 2003. – 117 с.
10. Балашов, А.В. Исследование высевающего аппарата механической сеялки для гнездового посева семян сои / А.В. Балашов, С.П. Стрыгин, В.П. Капустин, С.Г. Хайруллина // *Научно-практический журнал Западно-Казахстанского аграрно-технического университета имени Жангир хана*, №2(51) 2018. – г. Уральск. – 2018. – С. 108-112.
11. Зазуля, А.Н. Теоретическое обоснование параметров диска высевающего аппарата сеялки для гнездового посева семян сои / А.Н. Зазуля, А.В. Балашов, С.П. Стрыгин, А.А. Синельников, С.Г. Хайруллина // *Российская сельскохозяйственная наука*. 2019. – № 2. – С. 69-71.
12. Зазуля, А.Н. Определение конструктивно-режимных параметров аппарата для гнездового посева семян сои / А.Н. Зазуля, А.В. Балашов, С.П. Стрыгин, А.А. Синельников, С.Г. Хайруллина // *Наука в центральной России*. 2019. – №3. – С. 15-19.
13. Балашов, А.В. Обоснование параметров зон диска для посева семян сои / А.В. Балашов, С.П. Стрыгин, А.Н. Зазуля, В.П. Капустин, С.Г. Хайруллина // *Инфокоммуникационные и интеллектуальные технологии на транспорте: матер. I межд. науч. прак. конф. 12-13 декабря 2018 года*. – Липецк: Изд. «Липецкий государственный технический университет», 2018. – С. 26-34.
14. Балашов, А.В. Теоретическое обоснование конструктивно-режимных параметров сеялки для гнездового посева семян сои / А.В. Балашов, С.П. Стрыгин, А.А. Синельников, С.Г. Хайруллина // *Наука в центральной России*. 2018. – №4. – С. 4-12.
15. Патент №2685733 Российская Федерация, МПК АО С1 7/04. Устройство для гнездового высева семян / А.В. Балашов, В.П. Белогорский, С.П. Стрыгин, А.А. Синельников, С.Г. Хайруллина, Н.Ю. Пустоваров; заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии. – № 2018105648, заяв.14.02.2018; опубл. 23.04.2019, Бюл. №12. – 7 с: ил.
16. Балашов, А.В. Определение физико-механических свойств семян сои / А.В. Балашов, С.П. Стрыгин, А.А. Синельников, В.П. Капустин, С.Г. Хайруллина // *Наука в центральной России*. – 2017. – № 2. – С. 5-12.
17. Балашов, А.В. Результаты исследования высевающего аппарата механической сеялки для посева семян сои гнездовым способом / А.В. Балашов, А.Н. Зазуля, В.П. Капустин, С.П. Стрыгин, С.Г. Хайруллина // *АгроФорум*. 2019. – №1. – С. 18-19.
18. Хайруллина, С.Г. Механическая сеялка для посева семян сои гнездовым способом / С.Г. Хайруллина, А.Н. Зазуля, С.П. Стрыгин // *Сельский механизатор*. 2019. – № 4. – С. 14-15.

19. Балашов, А.В. Исследование контролируемого гнездового посева семян сои / А.В. Балашов, С.П. Стрыгин, А.А. Синельников, Н.Ю. Пустоваров, С.Г. Хайруллина // Наука в центральной России. 2017. - № 6. - С. 6-17.

20. Хайруллина, С.Г. Совершенствование высевяющего аппарата для посева семян сои гнездовым способом: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / С.Г. Хайруллина. – Мичуринск-научоград, 2019. – 20 с.

УДК 62-115

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПЫЛИ ПРИ МОНТАЖЕ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ НА ВЫСОТЕ

С.Р. <sup>1</sup>Есетов, магистрант, С.Г. <sup>1</sup>Хайруллина, к.т.н., С.П. <sup>2</sup>Стрыгин, к.т.н.

<sup>1</sup>НАО «ЗКАТУ ИМЕНИ ЖАНГИР ХАНА», г. Уральск, Республика Казахстан

<sup>2</sup>ФГБНУ ВНИИТиН, г. Тамбов, Российская Федерация

Практически каждый процесс, включающий в себя работу с металлами, приводит к образованию большого количества различных отходов. Основные загрязнения, выбрасываемые процессе работы с металлами, включают твердые частицы (пыль), оксид углерода (II), оксиды азота и некоторые летучие органические соединения. В силу своих химических и физических свойств пыль в большинстве стран строго классифицируется как опасный отход [1].

Производственная пыль - это мельчайшие твердые частицы, выделяющиеся при дроблении, размоле и механической обработке различных материалов, погрузке и выгрузке сыпучих грузов и т. п., а также образующиеся при конденсации некоторых паров. Пыль состоит из частиц, находящихся в воздухе, т.е. представляет собой дисперсную систему, в которой дисперсной фазой являются твердые частицы, а дисперсионной средой - воздух.

По мнению многих исследователей, наиболее вредным компонентом всех отходов являются такие опасные элементы, как цинк, кадмий, свинец и хром.

Для оценки влияния пыли на здоровье человека необходимо точно знать ее природу (размер зерен, химический анализ, плотность, форму частиц и т.д.). Именно поэтому многие авторы в своих исследованиях пыли описывают ее свойства и параметры, а также предлагают способы обработки различных видов такого материала [2].

Проникая в дыхательные пути человека, пыль вызывает развитие специфических процессов, приводящих к хроническим заболеваниям органов дыхания, таким как бронхит, пневмония и астма. В частности, промышленная пыль часто содержит канцерогены, т.е. вещества, способствующие возникновению онкологических заболеваний.

В соответствии с Приказом Министра труда и социальной защиты населения Республики Казахстан от 31 марта 2022 года № 109: работа на высоте - работа, при выполнении которой рабочий находится на высоте (или на глубине) 1,3 метров и более от поверхности грунта, перекрытия или рабочего настила и на расстоянии менее 2 метров от границы перепада по высоте.

К «простой высоте» относятся работы, выполняемые с применением средств подмащивания (леса, подмости, люльки и т.д.), а так же с использованием защитных ограждений высотой 1,1 м и более. К «сложной высоте» относятся виды работ без использования средств подмащивания, производимые на высоте 5м и более, а также при производстве работ на площадках с расстоянием менее 2м от перепадов по высоте более 1,8м с защитным ограждением менее 1,1м или отсутствием ограждения.

Работы на высоте не осуществляются, при:

- 1) недостаточной видимости в пределах фронта работ;
- 2) интенсивности атмосферных осадков;
- 3) грозы и приближения грозового фронта;
- 4) скорости ветра 15 м/с и более.

Для соблюдения температурного интервала, при осуществлении работ на высоте, учитываются местные климатические условия и характер выполняемых работ, в соответствии с приказом Министра здравоохранения Республики Казахстан от 16 февраля 2022 года № ҚР ДСМ-15 "Об утверждении Гигиенических нормативов к физическим факторам, оказывающим воздействие на человека".

Работы на высоте выполняются, лицами:

- 1) достигшими 18 лет;
- 2) прошедшими обязательный предварительный (при приеме на работу) медицинский осмотр работников, в соответствии с приказом исполняющего обязанности Министра здравоохранения Республики Казахстан от 15 октября 2020 года № РК ДСМ-131/2020 "Об утверждении целевых групп лиц, подлежащих обязательным медицинским осмотрам, а также правил и периодичности их проведения, объема лабораторных и функциональных исследований, медицинских противопоказаний, перечня вредных и (или) опасных производственных факторов, профессий и работ, при выполнении которых проводятся предварительные обязательные медицинские осмотры при поступлении на работу и периодические обязательные медицинские осмотры и правил оказания государственной услуги "Прохождение предварительных обязательных

медицинских осмотров" (зарегистрирован в Реестре государственной регистрации нормативных правовых актов под № 21443);

3) имеющими удостоверение о прохождении обучения в учебных центрах, проводящих профессиональную подготовку, переподготовку и повышение квалификации по вопросам безопасности и охране труда.

Проведение работ на высоте тесно связано с погодными и климатическими условиями места производства работ. Так, например, при монтаже высотных металлических конструкций (резервуары, факельные вышки) образуется пылевое облако, состоящее из твердых взвешенных частиц, распространяющееся в сторону объекта строительства [3].

С целью анализа воздействия пылевого облака на персонал, задействованный в работах на высоте, были проведены исследования загрязнения взвешенными частицами атмосферного воздуха на следующих высотах: 2м, 3м, 5м от поверхности земли (при непосредственном производстве работ на высоте) при следующих метеорологических условиях: скорость потока воздуха (ветра) 10м/с, направление ветра – в сторону объекта производства высотных работ, относительная влажность воздуха 5%, температура 23°С.

Для проведения исследований использовалось следующее оборудование:

1. Аспиратор 882;
2. Фильтр АФА-В;
3. Весы аналитические Radwag MAX 2.3Y.P;
4. Секундомер.

На штатив устанавливают фильтродержатель, который соединяют гибким шлангом с аспиратором, систему проверяют на герметичность соединения. Затем из обоймы за выступы защитных колец вынимают фильтр, вставляют его в фильтродержатель и закрепляют прижимной гайкой.

После этого включают аспиратор, устанавливают скорость и время отбора воздуха и производят отбор пробы. Во время отбора на каждый фильтр ведут запись в журнале, где указывают номер фильтра, дату, место, условия взятия пробы, скорость и продолжительность отбора. В течение отбора необходимо следить за показаниями ротаметра аспиратора и при необходимости регулировать расход воздуха. Затем при помощи аналитических весов определяют привес отобранной пыли и вычисляют концентрацию вещества по формуле:

$$C = \frac{1000 \cdot M}{V_0};$$

где С - концентрация пыли в воздухе, мг/м<sup>3</sup>;

М = (Р<sub>2</sub> – Р<sub>1</sub>) – масса пыли, задержанной фильтром, мг;

Р<sub>1</sub>, Р<sub>2</sub> – масса фильтра, соответственно, до и после отбора пробы, мг;

V<sub>0</sub> – объём прошедшего через фильтр воздуха, приведенный к нормальным условиям, л.

$$V_0 = \frac{V \cdot (273 + 20) \cdot (P - P_H \cdot \varphi)}{(273 + t) \cdot (1013 - P_0)};$$

где V – объём воздуха, прошедшего через фильтр, л, определяется по формуле:

$$V = \frac{V' \cdot \tau}{60};$$

где V' – производительность воздуходувки, л/мин;

τ – время отбора пробы, с;

P – атмосферное давление в момент отбора пробы, ГПа;

P<sub>H</sub> – давление насыщенного пара при температуре опыта, ГПа;

φ – относительная влажность воздуха в пункте отбора пробы, доли единицы;

t – температура воздуха в момент отбора пробы, °С;

P<sub>0</sub> – давление водяных паров при температуре 20°С и влажности 50% (величина постоянная равная 8,7 мм рт.ст. или 1160 Па), ГПа.

Предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества принята согласно приложению 2 к Приказу Министра здравоохранения Республики Казахстан от 2 августа 2022 года № ҚР ДСМ-70.

По результатам проведенных исследований видно, что средняя концентрация взвешенных веществ превышает допустимое значение в 1,49 раза.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что при производстве монтажных работ на территории, где также производятся земляные работы, при скорости потока воздуха (ветра) более 10 м/с необходимо обеспечивать работников средствами индивидуальной защиты органов зрения и дыхания или же исключить работы на высоте в данных случаях.

### Литература

1. Cement Manufacturing Plants. Menzelitseva N. V., Azarov V.N., Karapuzova N.Y., Redhwan A.M. International Review of Civil Engineering. - 2015. - Vol. 6, № 6. - P. 145-150. 6. Aerodynamic Characteristics of Dust in the Emissions into the Atmosphere and Working Zone of Construction Enterprises. Azarov V. N, Evtushenko A. I, Batmanov V. P, Strelyaeva A. B, Lupinogin V. V. International Review of Civil Engineering. - 2016. - Vol. 7, № 5. - pp. 132-136.
2. В.Н. Азаров, Е.В. Горшков, Р. М. Саркисов Строительная отрасль экономики и атмосферный воздух индустриальных городов // Социология города. 2014. №4. С. 71-78.
3. Kuzmichev A.A., Loboiko V.F. Impact of the polluted air on the appearance of buildings and architectural monuments in the area of town planning // Procedia engineering. 2016. №150. pp. 2095-2101.

УДК 631.171

## РАБОЧИЙ ОРГАН ДЛЯ СОЗДАНИЯ ДИСКРЕТНЫХ ПОСАДОЧНЫХ МЕСТ И ПОСАДКИ РАСТЕНИЙ

Ф.Д. Даимова, студент  
ПетрГУ

*г. Петрозаводск, Российская Федерация*

Российская экономика охватывает разнообразные секторы, и одним из наиболее значимых является сельское хозяйство. В сельском хозяйстве существуют две основные отрасли: земледелие, или растениеводство, и животноводство. Работа в этих сферах требует не только широких знаний в различных областях науки, но и физической выносливости.

Переход от охоты и собирательства к растениеводству и животноводству произошел в эпоху каменного века. С помощью растениеводства производятся разнообразные продукты, такие как пшеница, рис, гречиха, корнеплоды, огурцы, перцы и многие другие продукты. В современном 21 веке, важность качественного и свежего питания огромна, однако выращивание растений остается трудоемкой задачей.

Проблему тяжелого физического труда, особенно при посадке растений, решает внедрение механизации в сельское хозяйство. Одними из наиболее популярных технологий стали прямая посадка и создание специальных посадочных мест, например, создание борозды, в которую последующим шагом будет проводиться посадка растений. Процесс прямой посадки выполняется с помощью специализированных сажалок, которые создают посадочную борозду, устанавливают и закрепляют растения в этом месте, а затем уплотняют почву, чтобы предотвратить образование воздушных полостей.

Среди наиболее признанных механизмов для прямой посадки можно выделить СПУ-1, СПУ-4 (см. рисунок 1) и садопосадочные машины, такие как МПС-1 и СНС-1 (см. рисунок 2) [3]. Однако стоит отметить, что при такой посадке оператор-сажальщик может столкнуться с опасностями, такими как травмы, падения с механизма или другие риски.

Машины данного типа обычно оснащены пассивными ножами-сошниками для подготовки посадочных мест, что вызывает значительное тяговое сопротивление. Поэтому перед посадкой необходимо предварительно подготовить почву на нужную глубину. При этом уровень безопасности работника, выполняющего посадку на такой машине, остается низким, и ручной труд всё ещё присутствует. Хотя производительность и качество посадки выше, чем при ручной посадке, эти параметры все равно не являются оптимальными.

В институте лесных, горных и строительных наук началась разработка устройства для автоматизированной посадки растений, которое будет состоять из рабочего органа и механизма подачи растений. В данный момент реализуется студенческий проект по созданию экспериментального образца устройства. Разрабатываемое устройство не будет создавать непрерывную цель, как в ранее рассматриваемом механизме, что повысит энергоэффективность работ. Оно также будет отличаться небольшими габаритами, что сделает его подходящим для работы на каменистых почвах, а наличие электропривода позволит его интегрировать с различными компактными базовыми машинами, такими как минитракторы, квадроциклы, и в будущем – с роботизированными платформами.



Рисунок 1 - Машина для посадки семян и саженцев плодовых и ягодных растений СПУ-1 [1]



Рисунок 2 – Машина для посадки семян и саженцев плодовых и ягодных растений МПС-1 [2]

Рабочий инструмент этого устройства подобен финской трубе для посадки семян и саженцев с закрытой корневой системой, известной как "Поттипутки" (см. рисунок 3). Однако разрабатываемый рабочий орган обладает наконечником с двумя подвижными лопатками, и его раскрытие происходит не при нажатии педали оператором, как в случае с посадочной трубой, а автоматически при контакте лап рабочего инструмента с почвой.



Рисунок 3 – посадочная труба «Поттипутки» [4]

Для проверки работоспособности идеи в программе Компас-3D была разработана 3D-модель рабочего органа устройства (рисунок 4). Алгоритм работы рабочего органа устройства приведён на рисунке 5.

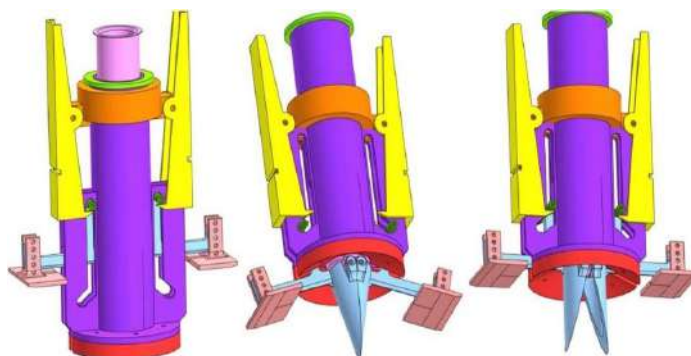


Рисунок 4 – 3D-модель макета рабочего органа

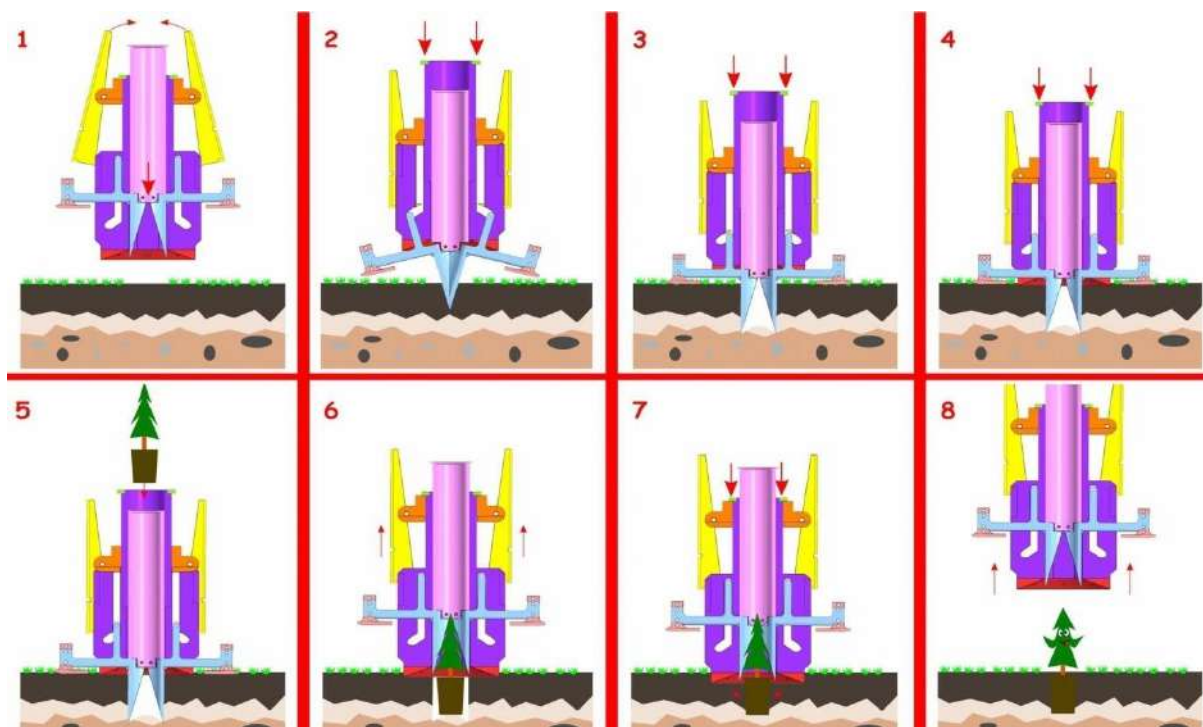


Рисунок 5 – Алгоритм работы рабочего органа:

1 – приведение в состояние готовности; 2 – внедрение в почву;

3,4 – этапы получения посадочной лунки; 5 – доставка семян до лунки;

6 – поднятие лопаток наконечника; 7 – уплотнение грунта; 8 – поднятие устройства

Используя аддитивные технологии, на 3D-принтере были напечатаны детали макета в масштабе 1:2 и произведена сборка (рисунок 6).

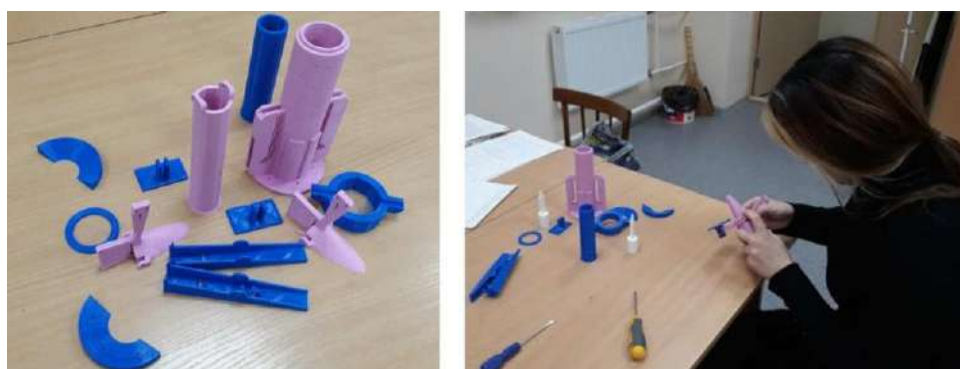


Рисунок 6 – Детали макета и процесс сборки

Для проверки работоспособности идеи были произведены опыты с макетом, где в качестве грунта выступала гречка (рисунок 7).

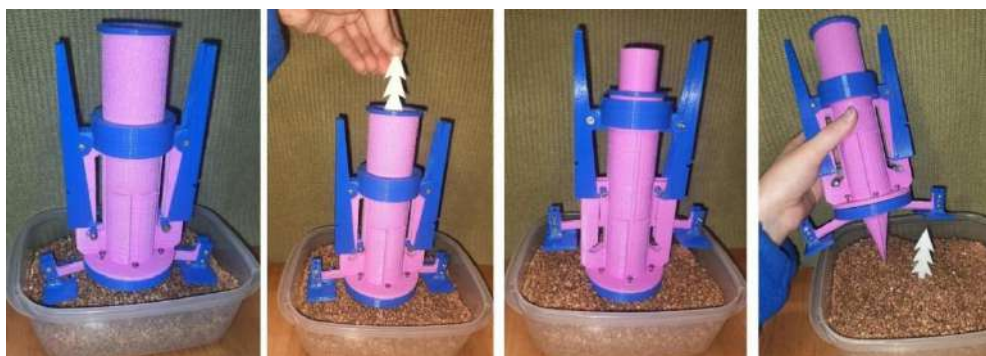


Рисунок 7 – Испытания макета



Устройство начинает работу с опускания трубы в грунт. Углубление, необходимое для размещения саженцев или сеянцев, формируется с помощью лопаток. Регулировка глубины лунки осуществляется путем настройки лапок в соответствии с размером кома земли.

Растения перемещаются по трубе и спускаются в заранее подготовленную лунку. Труба служит направляющей и поддерживающей конструкцией, обеспечивая вертикальное положение саженца. После того как сеянец размещен в лунке, труба прижимает почву пятаком, обеспечивая надежную фиксацию кома земли вокруг сеянца. Это необходимо для обеспечения правильной плотности уплотнения, вертикальности и отсутствия воздуха под комом земли вокруг саженца.

На данный момент ведется разработка конструкции рабочего органа из металла, которая будет протестирована в реальных полевых условиях. В дальнейшем рабочий орган будет оснащен электроприводами, что позволит получить экспериментальный образец устройства для автоматизированной посадки древесных растений.

Таким образом, разрабатываемое устройство улучшит производительность и качество посадки не только сельскохозяйственных культур, но и древесных растений. Оно может быть востребовано не только в сельском хозяйстве, но и в лесовосстановительных проектах, особенно для посадки хвойных пород с закрытой корневой системой, это устройство представляет значительный потенциал для улучшения процесса посадки растений, увеличения эффективности и снижения ручного труда при этом процессе, а также для поддержания здоровья и роста разнообразных растительных культур.

### Литература

1. Машина для посадки сеянцев и саженцев плодовых и ягодных растений СПУ-1 URL: [https://berryunion.ru/images/docuums/02.2018/Индустриальные машинные технологии интенсивного садоводства.pdf](https://berryunion.ru/images/docuums/02.2018/Индустриальные_машинные_технологии_интенсивного_садоводства.pdf) (2023.09.20)

2. Машина для посадки сеянцев и саженцев плодовых и ягодных растений (МПС-1). WEB-версия АСС «Сельхозтехника». URL: [https://www.agrobase.ru/catalog/machinery/machinery\\_47183484-fdb9-4eb8-b0ab-38c9c4c875bb](https://www.agrobase.ru/catalog/machinery/machinery_47183484-fdb9-4eb8-b0ab-38c9c4c875bb) (2023.09.20)

3. Завражнов А.И., Ланцев В.Ю., Ибраев А.С., Завражнов А.А. Комплексная механизация производства посадочного материала плодовых культур // *libraru.ru* URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35411878> (дата обращения: 20.09.2023).

4. Посадочная труба «Поттипутки» / URL: <https://lessnabr.ru/assets/Lesovosstanovlenie-ZKS/perenossag-4.jpg>.

УДК 631.861

### ТЕХНОЛОГИИ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ

**А.И. Завражнов**, д.т.н., профессор, **Ю.В. Гурьянова**, д. с.-х. н., доцент, **Д.В. Гурьянов**, к.т.н., доцент  
ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ, г. Мичуринск, Российская Федерация

**Введение.** Обеззараживание (дезинфекция) органических отходов – это обработка, заключающаяся в уничтожении или ослаблении болезнетворных, патогенных и условно патогенных микроорганизмов, которая уменьшает количество микроорганизмов в отходах до приемлемого уровня, но не уничтожает полностью.

Отходы животноводства и птицеводства содержат большое количество органических веществ и являются благоприятной средой для развития различных видов микроорганизмов [1]. В условиях естественной аэрации и при соответствующей влажности и температуре внешней среды в 1 г навоза и помёта содержатся иногда более 1 млрд. бактерий, нитрифицирующие, денитрифицирующие бактерии, плесневые грибы, актиномицеты и дрожжи.

В настоящее время имеются технологии переработки и обеззараживания подстилочного навоза и помёта в биореакторах и аэрационных цехах. При строительстве такие технологии требуют значительных капитальных затрат.

**Цель исследований** – разработка новой усовершенствованной обеззараживающей технологии и технических средств в соответствии с научно-методическими, технологическими и техническими основами обеззараживания подстилочного помёта технологическими воздействиями.

**Результаты и обсуждение.** Предлагается малозатратная технология переработки и обеззараживания, подстилочного навоза, помёта в открытых разборных наземных траншеях. Наземная траншея из разборных щитов шириной 2,5 метра, высотой 2 метра и произвольной длины. За один цикл переработки 135 тонн подстилочного навоза и помёта в органическое удобрение требуется траншея 30 метров [2].

Перед закладкой подстилочного навоза, помёта на аэрацию в траншею органическую массу необходимо довести до агротехнических требований с влажностью 50...60%, плотностью 0,6...0,7 т/м<sup>3</sup> и фракционным составом 5...10 мм. Для измельчения органических отходов используется разбрасыватель-измельчитель подстилочного навоза и помёта. После измельчения и смешивания органическая масса навозоразбрасывателем марки МТО-3 свободной насыпкой загружается в наземную траншею плотностью 0,6 ...0,7 т/м<sup>3</sup>. В течение трех суток в органической массе протекает мезофильный процесс и температура в массе доходит до 40...45° С.

Затем в органическую массу вкалываем иглы электроды аэратора – обеззараживателя (патент на полезную модель № 179548), рисунок 1.

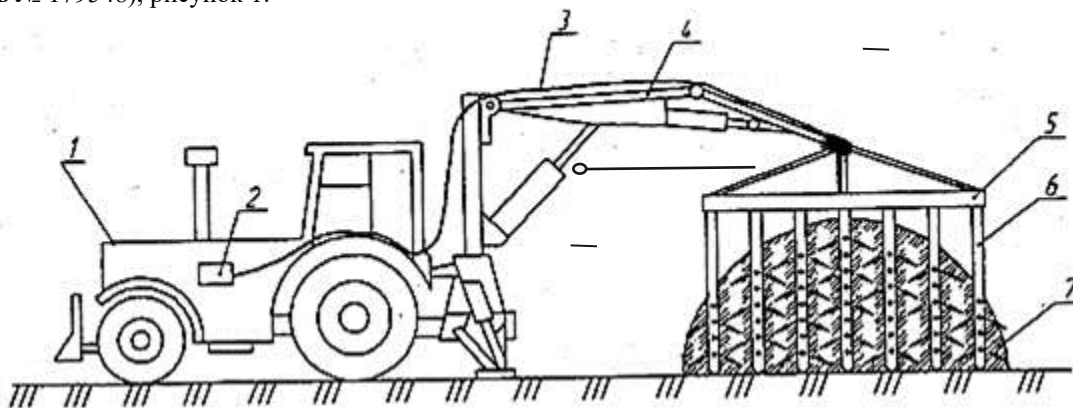


Рисунок 1 - Аэратор-обеззараживатель подстилочного навоза, помета в наземной траншее.

1 - трактор; 2 - компрессор; 3 - воздуховод; 4 - стрела; 5 - рама; 6 – трубы-электроды для аэрации; 7 - бурт; 8 – изолятор, 9 – энергоподвод

Насыщаем органическую массу воздухом, а электрическим полем, создаваемое электродами, обеззараживая органическую массу от микроорганизмов. В органической массе после насыщения кислородом биопроцесс интенсифицируется, и температура повышается до 65°C в течение пяти суток, а затем температура снижается, и масса выгружается из траншеи на дозревание.

Аэратор-обеззараживатель помета и других сельскохозяйственных отходов представляет разборный короб 6, на полу установлены воздуховодные трубы 3 с отверстиями для подачи воздуха в органическую массу 5, подаваемого вентиляторами 1, оборудованы озонатором и нагреваемым элементом 2, и электроды 7 для создания электрического поля в аэрируемой массе и решетка 4 (патент на полезную модель № 191652), рисунок 2 [3].

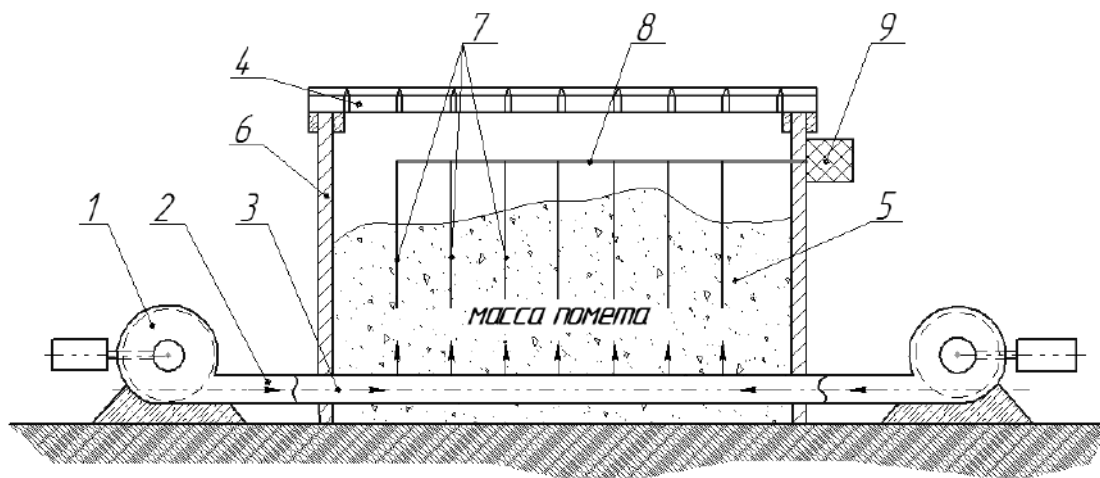


Рисунок 2 - Аэратор-обеззараживатель куриного помета

В аэратор-обеззараживатель органическая масса загружается с влажностью 55...60%, длиной частиц 1...3 мм. Плотность 0,6-0,7 т/м<sup>3</sup> создается за счет просыпания органической массы через решетку 4. После подачи воздуха и создания электрического поля в течение 5 суток получается высококачественное экологически чистое органическое удобрение.

Оригинальная конструкция аэрационного биореактора-обеззараживателя подстилочного навоза, куриного помета и других сельскохозяйственных отходов для поточного способа приготовления органических удобрений представлена на рисунке 3 (патент на полезную модель №186053) [4]. Он состоит из теплоизоляционного корпуса 1, загрузочного скребкового транспортера 2, в верхней части корпуса установлено устройство для выравнивания органической массы 4, выгрузного транспортера 6, воздуховодных труб 10, электродов для создания электрического поля в органической массе 11.

Измельченный навоз загружается в аэратор влажностью 50...60%, затем подается воздух через воздуховодные трубы. В органической массе протекает термофильный процесс в течение 5 суток. В процессе аэрации компостируемый материал медленно перемещается сверху вниз за счет гравитационных сил и проходит через электрическое поле, создаваемое электродами, и обеззараживается от грибных колоний, микробиоты, болезнетворных бактерий и гельминтов.

Гранулирование подстилочного навоза и помета при высокой влажности в камере прессования гранулятора органическая вода не успевает уходить через дренажные отверстия, нагревается до 100° и

превращается в пар и происходит взрыв через насадку. Поэтому для решения поставленной задачи предлагается конструкция сепаратора пресс-гранулятора помета с двухступенчатым отбором органической воды, рисунок 4 [5].

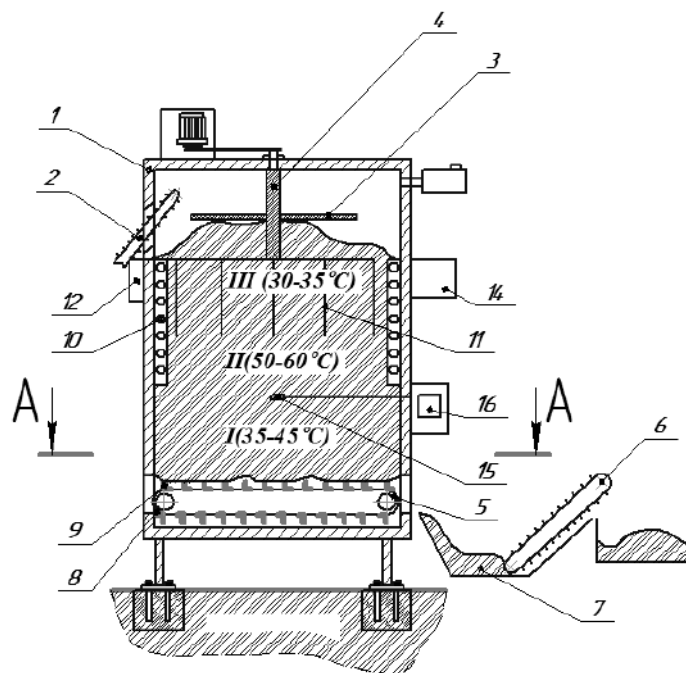


Рисунок 3 - Аэрационный биореактор-обеззараживатель

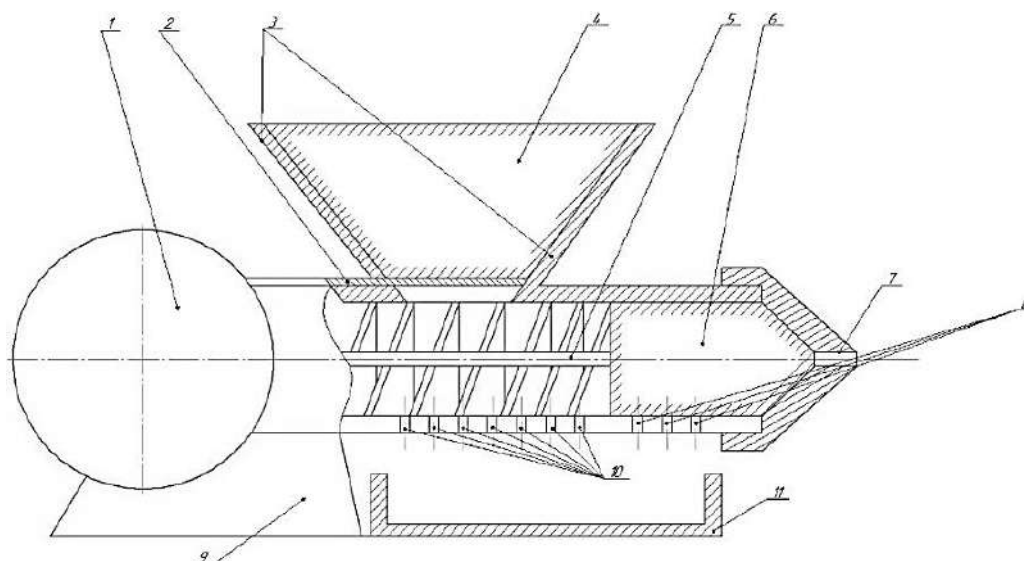


Рисунок 4 – Сепаратор пресс-гранулятор подстильного навоза и помета.

1-электропривод; 2-электроды; 3-загрузочный бункер; 4-помет; 5-шнек; 6-прессовальная камера; 7-насадка; 8- дренажные отверстия в камере прессования; 9-рама; 10-перефорированная решетка; 11-емкость для сбора органической воды; 12-емкость для сбора гранул

Сепаратор пресс-гранулятор подстильного навоза и помета работает следующим образом. В загрузочный бункер 3 со сборного ленточного транспортера из-под клеток кур помет влажностью 80% или измельченный подстильный навоз загружается в бункер. Помет или навоз обеззараживается электрическим полем постоянного тока, создаваемым электродами 2 и поступает в шнек 5. Нижняя часть корпуса шнека 5 состоит из перфорированной решетки, охватывающей 180°. Двадцать пять процентов органической воды за счет гравитационных сил и давления спирали шнека через перфорированную решетку из навоза или помета поступает в ванну 11, где накапливается.

Шнек 5 перемещает помёт в камеру прессования 6, и дополнительно через дренажные отверстия камеры пресса 8 извлекается 40...50% органической воды в ванну 11. Помёт или навоз в камере прессования за счёт деформации и трения о стенки нагревается до 90<sup>0</sup>С, дополнительно обеззараживается и через насадку 7 выходят гранулы длиной 10...30 мм, диаметром 10 мм и влажностью 6%.

**Заключение.** Разработанные технологии обеззараживания помёта позволяют получить качественное экологически чистое органическое удобрение с классом опасности IV-V.

Проведенный биохимический анализ полученного органического удобрения в результате обеззараживания помёта в лаборатории Центра биохимических технологий «РЕВИТАПЛАНТ» города Липецка показал следующие результаты: N – 2,56 %, P – 3,86 %, K – 2,52 %, что свидетельствует о высоком качестве полученного удобрения.

#### Литература

1. Родионова, Наталья Владимировна. Ветеринарно-санитарное и экологическое обоснование современных способов обеззараживания органических отходов животноводства: автореферат дис. ... кандидата биологических наук: 06.02.05 / Родионова Наталья Владимировна; [Место защиты: Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии - МВА имени К.И. Скрябина]. - Москва, 2020. - 22 с.

2. Гурьянов, Д.В. Совершенствование электротехнологии обеззараживания органического удобрения / Д.В. Гурьянов. - Текст: электронный // Современная наука: теория, методология, практика: Материалы IV-й всероссийской (национальной) научно-практической конференции, 20-21 апреля 2022 г. ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет». – Тамбов, Изд-во ИП Чеснокова А.В., 2022. – С. 220-226

3. Аэрактор-электрообеззараживатель куриного помёта: патент на изобретение №2728394 / Д.В. Гурьянов, В.Д. Хмыров, Ю.В. Гурьянова // Российская Федерация: С05F 3/06. Заявитель и патентообладатель ФГОУ ВО Мичуринский ГАУ. – №2019108952; заявл. - 27.03.2019; опубл. - 29.07.2020.

4. Гурьянов, Д.В. Аэрационный биореактор-обеззараживатель подстилочного навоза: пат. №186053 / Бышов Н.В., Борычев С.Н., Успенский И.А., Гурьянов Д.В., Хмыров В.Д.// Российская Федерация: С05F 3/06. Заявитель и патентообладатель ФГОУ ВО РГАТУ имени П.А. Костычева. – №2018117586; заявл. - 11.05.2018; опубл. - 27.12.2018.

5. Гурьянов, Д.В. Сепаратор пресс-гранулятор помёта: пат. №199945 / Д.В. Гурьянов, В.Д. Хмыров, Ю.В. Гурьянова, Сорокин С.А. // Российская Федерация: С05F 3/06. Заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ. – №2020121347; заявл. - 22.06.2020; опубл. - 29.09.2020.

УДК 633.31

### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИМЕНЕНИЯ ЖИДКИХ УДОБРЕНИЙ КАС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАЩИТНЫХ УСТРОЙСТВ НА СЕЛЬХОЗМАШИНАХ ДЛЯ ИСКЛЮЧЕНИЯ «ОЖОГА» ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР» И ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

**В.А. Милюткин**, д.т.н., профессор  
ФГБОУ ВО Самарский ГАУ

*г. Кинель, Самарская обл., Российская Федерация*

В Российском агропромышленном комплексе-АПК на сегодняшний день внедрены практически все известные технологии внесения инновационных жидких азотных удобрений – КАС (карбамидно аммиачная смесь) [1-12]. В исследованиях Самарского государственного аграрного университета-Самарский ГАУ – среди продукции производства ПАО «КуйбышевАзот» показывает высокую эффективность КАС-32 (рисунок 1) на основных сельскохозяйственных культурах, существенный эффект обеспечивает сера-S, в составе КАС+S (N-26%, S-2,5-4.0%): на пшенице - 18;11,29 %, сое - 36;9,45%, кукурузе - 27;5,32%, подсолнечнике - 16;0,16%. При этом учитывались [2-3]: структура возделываемых сельхоз-культур, фазы их развития, климатические особенности региона, плодородие почвы, перспективные планы агропредприятия с уровнем материально-технической базы [5-11], используемых инновационных сельхозмашин для применяемых инновационных технологий, принятой логистики [12] при перевозках КАС, его хранение с отгрузкой для внесения на сельхоз-культурах и т.д. Данные решения позволяют агропредприятиям различных регионов Российской Федерации, в том числе и Самарской области получать существенную прибавку урожая возделываемых сельскохозяйственных культур с учетом положительных особенностей КАС по сравнению с твердыми удобрениями в сравнении с традиционными технологиями, особенно при недостатке влаги, тем более при прогнозируемом глобальном потеплении [1-4].

Инновационное жидкое минеральное удобрение КАС - карбамидно-аммиачная смесь водных растворов аммиачной селитры и карбамида в соотношении 35,4% карбамида, 44,3% селитры, 19,4% воды, 0,5% аммиачной воды) с отличительной положительной особенностью по содержанию азотных форм основного элемента питания растений (рисунок 2): нитратная (NO<sub>3</sub>), быстро и полностью поглощающаяся корневой системой растений; аммонийная (NH<sub>4</sub>), не поглощающаяся ни листьями, ни корнями, что требует ей, как и

амидной форме, участие микроорганизмов почвы и - амидная ( $\text{NH}_2$ ), легко проникающая в растение через листовой аппарат, но значительно дольше проникающая в растение через корень с необходимостью ее трансформирования сначала в аммонийную, а потом - в нитратную форму. То есть КАС действует на растение пролонгированно, а это значительно эффективнее чем у других видов удобрений. Также КАС при его внесении теряет не более 10% от общего азота, в то время как при внесении гранулированных азотных удобрений потери достигают 30-40%.

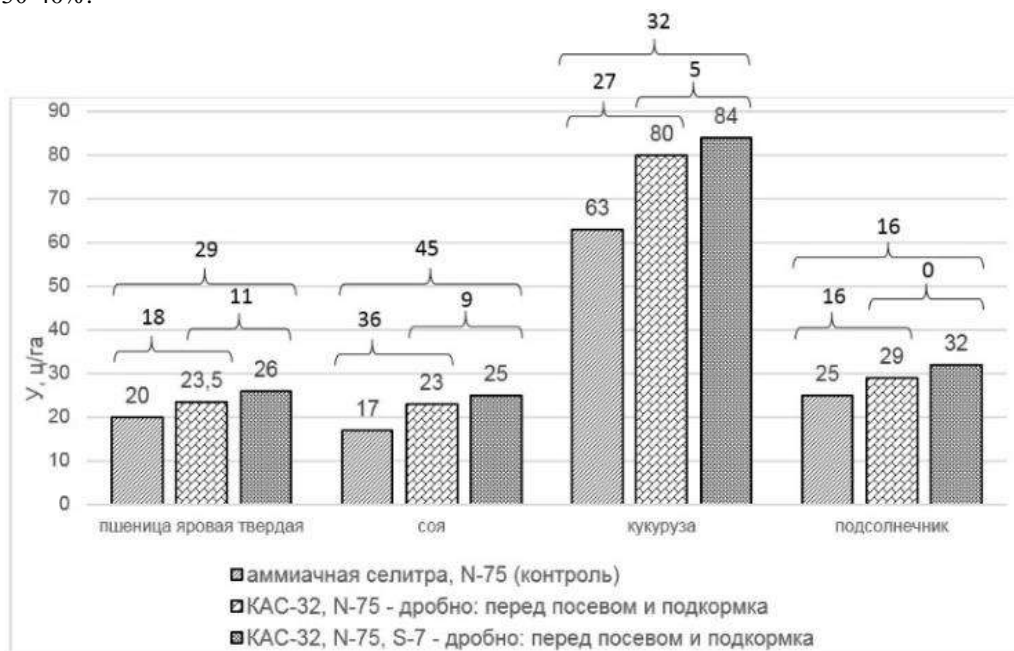
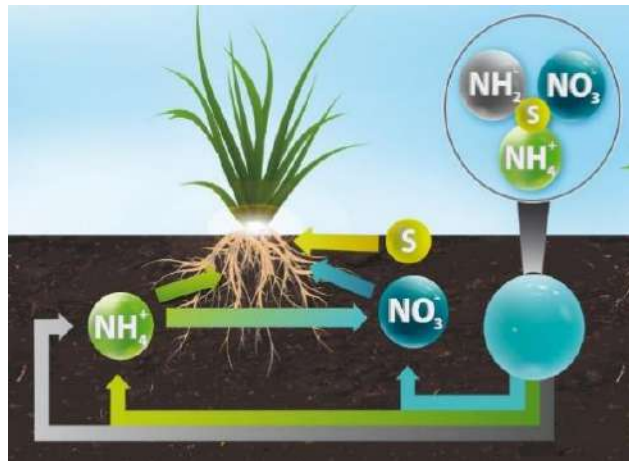


Рисунок 1 - Повышение урожайности (средняя за три года) сельхоз-культур (фигурные скобки-%) от действия жидких удобрений КАС в исследованиях Самарского ГАУ



Поглощение растениями азотных форм

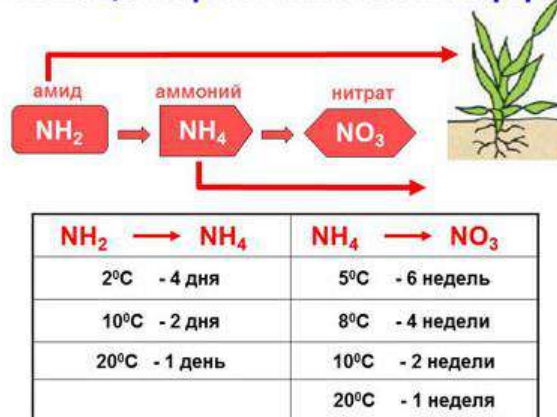


Рисунок 2 - Действие КАС на растение и поглощение азотных форм (открытые источники)

Самарский ГАУ семь лет (2018-2023гг) изучает технологии и технические средства, а последние 3 года проводит оценку модульного, многофункционального комплекса «Туман...»: штанговый опрыскиватель с крупнокапельными форсунками и шлангами удлинителями (рисунок 3а,б) и инновационный агрегат – «Мульти-инжектор» (рисунок 4) ООО «Пегас-Агро» (г.Самара), по эффективному применению жидкого азотного удобрения КАС производимого (200 тысяч тонн в год) ПАО «КуйбышевАзот» (г.Тольятти, Самарская обл.) [2-12]. То есть опрыскиватели с крупнокапельными форсунками безопасны для растений и не вызывают его «ожог» при предпосевном внесении КАС и при обработке зерновых в фазе «кущения». В более поздние фазы развития и при возделывании пропашных (кукуруза, подсолнечник, соя и др.) для исключения «ожога» листьев сельхоз-культур необходимо применять шланги удлинители (рисунок 3), или работать растворами КАС с низкой концентрацией азота.

Более эффективно, что подтверждено нашими опытами, работать инновационным агрегатом мульти-инжектором «Туман» (рисунок 4) [8-10], с помощью которого удобрения вносятся внутрпочвенно, инжекторно с исключением «ожогов» листьев растений. Для сравнения эффективности существующих технологий и

технических средств при внесении КАС при поверхностной обработке растений КАС использовали опрыскиватели с крупнокапельными форсунками, обеспечивающими стекание капель с листьев.

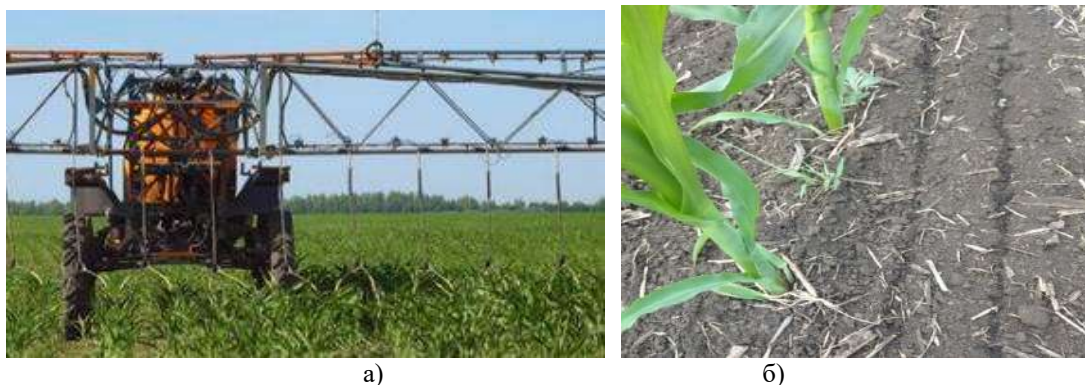


Рисунок 3 - Обработка кукурузы жидкими удобрениями КАС удлинительными шлангами опрыскивателем «Туман-2»-а), следы КАС на почве после прохода агрегата с удлинительными шлангами-б).



Рисунок 4 - Работа мульти-инжектора «Туман-2М» ООО «Пегас-Агро» с узкими ходовыми колесами при внесении КАС на кукурузе-а), следы от инжекторных игл в междурядьях и рядке кукурузы-б)

Для внекорневых подкормок применяли шланги-удлинители. Для внутрипочвенного, инжекторного внесения КАС применяли инновационный агрегат – «мульти-инжектор» - «Туман-2М». Исследования по оценке эффективности технологии внутрипочвенного инжекторного внесения жидких азотных удобрений КАС-32 и КАС+S мульти-инжектором «Туман-2М» (рисунок 5) проводились с нормой 200 и 400 л/га или по действующему азоту - N - 52 и 104 кг/га в сравнении с контролем-без внесения удобрений. КАС-32 вносился в почву инжекторными иглами на глубину высева семян кукурузы 6-8 см. При этом получена хорошая адаптация агрегата «Туман-2М» и согласованность с междурядьями 70 см без повреждения растений за счет оптимальной конструкции инжекторных колес и их расстановкой на раме, в том числе за счет перехода агрегата на более узкие колеса по сравнению с его работой на широких колесах при подкормке озимых-зерновых агрегатом «Туман-2М».

**Результаты исследований.** В исследованиях рекордного по урожайности сель-хозкультур в РФ 2022 года и благоприятного по увлажнению, осадков выпало 580,4 мм в Самарской области, по оценке эффективности инновационного мульти-инжектора «Туман-2М» в сравнении с опрыскивателем «Туман-2» при внесении азотных жидких удобрений КАС+S с микроэлементами в фазу кущения озимой пшеницы сорта «Базис», показали повышение урожайности относительно контроля с 51,7 до 78,5 ц/га или рост урожайности составил 52% (рисунок 5). В целом при подкормке озимой пшеницы жидкими удобрениями КАС+S в фазу кущения мульти-инжектором урожайность по сравнению с контролем возросла с 51,7 до 65,5 ц/га (рисунок 3) - или на 26,7%, при добавлении в КАС+S гумата калия-5л/га и микроэлементов – Cu, Zn, Bг по 0,5 кг/га урожайность пшеницы возросла до 76,9 ц/га или на 48,7 %. Также изучался эффект от баковых смесей КАС с использованием мезо-и микроудобрений при внесении КАС+S мульти-инжектором внутри-почвенно и поверхностно опрыскивателем практически двойной нормой 250+200 л/га КАС+S для определения влияния КАС на повышение урожайности озимой пшеницы.

При этом была получена самая высокая урожайность - 78,5 ц/га, что на 51,8% выше контроля и выше (значительно) рекордно высокой средней по Самарской области урожайности озимой пшеницы - 44,2 ц/га на 424 тысячах гектаров по итогам 2022 года. Также проводились исследования «мульти-инжектора» при подкормке кукурузы жидкими удобрениями КАС. В результате получены следующие результаты: при увеличении нормы внесения КАС с 200 л/га до при 400 л/га –увеличивается количество азота в почве и его действие на вегетацию кукурузы возрастает на 19 и 42%, что существенно для развития и формирования урожая растениями. Благоприятные условия 2022 года по атмосферным осадкам в Самарской области и применение КАС-32 обеспечили более активное развитие посевов и увеличение урожая кукурузы с высоким качеством зерна (таблица 1). При густоте стояния кукурузы в опытах перед уборкой 47,0 млн. шт./га, урожайность на

контроле составила 35,1 ц/га, при внесении КАС нормой 400 л/га мульти-инжектором урожайность возросла в два раза-до 73,5 ц/га.

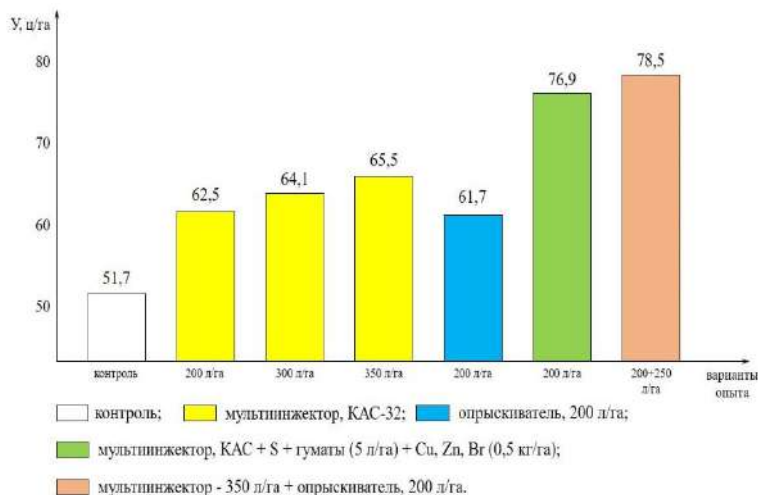


Рисунок 5 - Урожайность (ц/га) озимой пшеницы «Базис» при применении жидких минеральных удобрений КАС+S техникой ООО «Пегас-Агро»: поверхностно в фазу кушения опрыскивателем (О), внутри-почвенно мульти-инжектором (М) и совместно (О+М) по сравнению с контролем-без удобрений

Таблица 1- Урожайность кукурузы-гибрид «ФЕНОМЕН» - фирмы Сингента при внесении мульти-инжектором «Туман-2М» жидких удобрений КАС+ S

Доза внесения КАС+S, л/га	Густота стояния кукурузы перед уборкой, млн. шт/га			
	57,0	47,0	40,8	35,7
1-Контроль, 0 л/га	42,2	35,1	30,3	26,8
2-200 л/га	64,9	53,7	45,7	41,0
3-400 л/га	89,1	73,5	64,3	56,4

Учитывая большой спрос аграриев РФ на комплексы «Туман...», естественное развитие техники и оборудования АПК, ООО «Пегас-Агро» провело модернизацию своих агрегатов и начало производство новых агрегатов-как опрыскивателей, так и мульти-инжекторов нового-третьего поколения (рисунок 6).



а)



б)



в)



г)

Рисунок 6 - Многофункциональный комплекс «Туман» третьего поколения: а) штанговый опрыскиватель «Туман-3»; б) мульти-инжектор «Туман-3М»; в) защита инжекторных дисков; г) инжекторная игла для внесения КАС

Таким образом еще раз доказана и подтверждена эффективность жидких азотных минеральных удобрений КАС всеми известными технологиями и агрегатами, в частности многофункциональным комплексом «Туман».

#### Литература

1. Лазарев В.И., Гаврилова Т.В. Эффективность применения препарата КАС-32 на посевах яровой пшеницы//В сб. Проблемы и перспективы научно-инновационного обеспечения агропромышленного комплекса регионов. Сборник докладов Международной научно-практической конференции, 2020. С. 56-60.
2. Милюткин В.А. Совершенствование агротехнологий развитием фундаментальных положений азотного питания растений инновационным удобрением КАС (техника для применения КАС-АО «Евротехника»-г.Самара)// В сборнике: Качественное экологическое образование и инновационная деятельность-основа прогресса и устойчивого развития. Сборник статей VI международной научно-практической конференции, Саратов, 2023. С.90-97.
3. Милюткин В.А., Макушин А.Н., Длужевский Н.Г., Сысоев В.Н. Повышение эффективности производства сельхозкультур в засушливых климатических условиях применением жидких минеральных удобрений//В сб.: Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса. Сборник материалов Международной научно-практической конференции. с. Соленое Займище, 2020. С. 186-191.
4. Милюткин В.А. Исследование эффективности мобильного, универсального, многофункционального агрегата для агрохимических работ в полеводстве//В сборнике: Инновационные инженерные разработки в АПК. Сб. трудов по материалам Национальной научно-практической конференции с международным участием, Ярославль, 2023. С. 45-52.
5. Милюткин В.А. Инновационные техника и технологии применения жидких удобрений КАС в регионах с недостаточным увлажнением при прогнозируемом глобальном потеплении//Монография, Кинель. 2021. 181 с.
6. Милюткин В.А., Сысоев В.Н., Макушин А.Н., Длужевский Н.Г. Комплексное обеспечение инновационных технологий производства сельскохозяйственных культур с применением жидких азотных удобрений КАС // Вестник ИрГСХА. Иркутск, 2022. № 108. С. 19-31.
7. 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. Кинель, 2022. Т.7. № 1. С. 38-47.
8. Милюткин В.А., Длужевский Н.Г., Цирулев А.П., Попов А.В. Исследование эффективности инновационной технологии внесения жидких удобрений КАС внутри-почвенно и поверхностно агрегатами «Пегас-Агро»//В сборнике: Актуальные вопросы агропромышленного комплекса России и за рубежом. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 85-летию со дня рождения Заслуженного работника высшей школы РФ, профессора, доктора сельскохозяйственных наук Хуснидинова Шарифзяна Кадировича. Молодёжный. 2021. С.114-121.
9. Милюткин В.А. Эффективность универсального многофункционального модульного комплекса «Туман»ООО «Пегас-Агро» при возделывании озимой пшеницы//В.А. Милюткин//Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. Ижевск. 2023. № 1 (73). С. 54-62.
10. Милюткин В.А. Эффективные отечественные комплексы для агрохимических работ в растениеводстве-успех импортозамещения(система машин "Туман" ООО "Пегас-Агро"-Самара, РФ)//В сборнике: Инновационные достижения науки и техники АПК. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. Кинель, 2023. С. 144-149.
11. Милюткин В.А. Сравнительная эффективность инновационных технологий внесения жидких минеральных удобрений КАС внутри-почвенно и поверхностно по вегетирующей части-листьям сельхозкультур//В сборнике: Наука, образование и бизнес: новый взгляд или стратегия интеграционного взаимодействия. Сб. научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, посвящённой 80-летию со дня рождения первого Президента Кабардино-Балкарской Республики Валерия Мухамедовича Кокова. г. Нальчик, 2021. С.129-132.(7)
12. Милюткин В.А., Длужевский Н.Г. Логистика жидких удобрений ПАО «Куйбышев-Азот» - от завода до сельхозпредприятия - АПК// В сб.: Теоретические и концептуальные проблемы логистики и управление цепями поставок. Сборник статей II Международной научно-практической конференции. 2020. С. 49-53.

УДК 631.3

#### О СОСТОЯНИИ ПАРКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

А.Н. <sup>1</sup>Зазуля, д.т.н., профессор, С.А. <sup>1</sup>Нагорнов, д.т.н., профессор, И.Г. <sup>2</sup>Голубев, д.т.н., профессор

<sup>1</sup>ФГБНУ ВНИИТиН, г. Тамбов, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФГБНУ «РОСИНФОРМАГРОТЕХ», Московская обл., р. п. Правдинский, Российская Федерация

Наукой и практикой развития сельскохозяйственного производства доказано, что повышение эффективности производства конкурентоспособной сельскохозяйственной продукции неразрывно связано с обеспеченностью агропромышленного комплекса высокоэффективными машинными технологиями и энергонасыщенной техникой нового поколения, а также роботизированным оборудованием и цифровыми



системами, для обновления и создания которых необходима мобилизация научно-технического потенциала агроинженерной науки с учетом современных тенденций развития [1]. Новые технологии являются одним из основных двигателей спроса и предложения сельскохозяйственной техники на мировых рынках. Тем не менее, отрасль сельскохозяйственного машиностроения является достаточно консервативной – совершенствуются материалы, из которых сделана техника, скорость и качество ее работы, однако принцип работы техники часто остается таким же, как и 100 лет назад. Основные инновационные разработки направлены на улучшение существующей сельскохозяйственной техники с целью повышения сбора урожая с единицы площади и снижения производственных затрат. К ним относятся повышение мощности техники, разработка высокоточного оборудования для сельского хозяйства, автоматизация основных этапов производства продукции, развитие технических стандартов и стандартов, направленных на снижение вреда окружающей среде [2].

В соответствии с положениями Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 30 января 2010 г. № 120 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации», к числу наиболее значимых рисков в сфере продовольственной безопасности относятся технологические, вызванные отставанием в уровне технологического развития отечественной производственной базы от производственной базы развитых стран, различиями в требованиях к безопасности пищевых продуктов и организации системы контроля за их соблюдением. Ключевые общемировые тенденции сельскохозяйственного машиностроения включают в себя автоматизацию работы сельскохозяйственных машин и снижение влияния человеческого фактора; использование систем удаленного мониторинга, контроля технического состояния и диагностики сельскохозяйственных машин; увеличение производительности сельскохозяйственных машин; обеспечение безопасности и защиты окружающей среды; улучшение экономических показателей (снижение расходов на горюче-смазочные материалы, рабочие жидкости и материалы); повышение эргономичности производства; внедрение робототехники; использование композитных материалов и аддитивных (3-D) технологий [2].

Однако, несмотря на некоторые достигнутые успехи, в АПК России до сих пор сохраняется ряд нерешенных проблем, которые снижают темпы экономического роста сельхозпроизводства. Техническая оснащенность сельского хозяйства России остается на низком уровне. Например, в России на 1000 га пашни приходится 3 трактора, в то время как в Канаде, схожей с Россией по почвенно-климатическим условиям, урожайности и контурности полей, – 16. Аналогичная ситуация наблюдается с уборочными сельскохозяйственными машинами. В Национальном докладе «О ходе и результатах реализации в 2018 году Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия» указано: для того, чтобы в ближайшей перспективе достичь расчетной обеспеченности, сельскохозяйственным организациям необходимо ежегодно приобретать по 45 тыс. тракторов, 12 тыс. зерноуборочных и 2 тыс. кормоуборочных комбайнов. Недостаточные темпы обновления увеличивают долю техники, с года выпуска которой прошло 10 лет и более. По сведениям, имеющимся в Федеральной государственной информационной системе учета и регистрации тракторов, самоходных машин и прицепов к ним, доля такой техники увеличивается. Так, по тракторам в 2018 г. она выросла до 73,1%, а в 2017 г. составляла 70,8% [2]. Использование такой техники снижает производительность, приводит к срывам принятых агросроков и увеличению потерь продукции при уборке. В частности, по состоянию на 2017 г. урожайность зерна в России составляла 27-28 ц/га, в то время как в Китае – 56 ц/га, в США – 60 ц/га, а дефицит сельскохозяйственной техники соответствовал 35–40 % [3].

Изменениями, которые внесены в Государственную программу развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы, поставлена цель довести коэффициент обновления тракторов в сельскохозяйственных организациях в 2020 г. до 2,9%, зерноуборочных комбайнов – до 4,7%, кормоуборочных комбайнов – до 4,3% [4]. Техническая модернизация агропромышленного комплекса предусматривает обновление его базы отечественной сельскохозяйственной техникой, которая могла бы конкурировать на российском рынке с ведущими зарубежными компаниями-производителями. Пока техническая оснащенность сельского хозяйства России остается на невысоком уровне. По данным Росстата, в 2018 г. на 1000 га пашни приходилось 3 трактора, а на 1000 га посевов – 3 зерноуборочных комбайна; нагрузка на один трактор составляла 337 га, а на один зерноуборочный комбайн приходилось 424 га посевов. Обеспеченность тракторами в России по сравнению с другими странами низкая. Например, в Беларуси на 1000 га пашни приходится более 9 тракторов, Казахстане – более 6, Аргентине – 8, Канаде – 16, США – 26, Китае – 28, Германии и Франции – по 65 [2]. Аналогичная ситуация наблюдается и с уборочными сельскохозяйственными машинами [2].

По данным аналитической компании «АСМ-холдинг»: в России в 2018 г. произведено 7 836 тракторов, что на 3,3% меньше по сравнению с соответствующим периодом 2017 г., в том числе изготовлено 6 728 (- 4,8%) тракторов сельскохозяйственного назначения. В общем количестве тракторов, произведенных за этот год, доля отечественных марок составила 46%, иномарок российской сборки – 54%. Производство зерноуборочных комбайнов в России в 2018 г. снизилось на 29,9% по сравнению с данными соответствующего периода 2017 г., выпущено 5 099 ед., из них 1 116 ед. – комбайны иностранных марок. В 2018 г. выпуск почвообрабатывающей техники в России составил: плугов – 14 634 ед. – снижение выпуска по сравнению с данными соответствующего периода 2017 г. на 14,5%, борон – 26 041 (-12,9%), культиваторов – 9 504 (-24,8%),

мотоблоков и мотокультиваторов – 79 928 (-16,5%); сеялок – 8 033 ед. (-16,5%); прессов для соломы или сена – 3 487 (-3,8%), машин для уборки зерновых, масляничных, бобовых и крупяных культур – 12 333 (-15,2%), жаток – 2 478 (-7,9%), косилок – 6 186 (-15,8%), установок доильных – 3 234 (-17,1%), машин зерноочистительных – 1 498 (-18,9%) [2].

По состоянию на 1 января 2019 г. органами гостехнадзора зарегистрировано 387 тыс. тракторов, 131,2 тыс. зерноуборочных и 14,7 кормоуборочных комбайнов. По сравнению с данными на 1 января 2018 г. тракторов зарегистрировано меньше на 2,8 тыс., кормоуборочных комбайнов – на 108, а зерноуборочных – на 1067 больше [2]. Состояние парка техники оценивается по удельному весу основных видов сельскохозяйственной техники со сроком эксплуатации свыше десяти лет в общем объеме техники. Анализ показал, что доля основных видов сельскохозяйственной техники с таким сроком эксплуатации в общем объеме техники остается высокой. Анализ показал [2], что в 2017 г. по сравнению с 2014 г. в АПК страны парк тракторов со сроком эксплуатации свыше 10 лет снизился всего на 1,28%, зерноуборочных комбайнов – на 2,15, а кормоуборочных комбайнов увеличился на 1,01%. В Национальном докладе «О ходе и результатах реализации в 2018 году Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия» для оценки состояния парка машин используется доля техники, с года выпуска которой прошло десять лет и более [2]. По сведениям, имеющимся в Федеральной государственной информационной системе учета и регистрации тракторов, самоходных машин и прицепов к ним, в 2018 г. эта доля по тракторам выросла до 73,1% (в 2017 г. – 70,8%), по зерноуборочным комбайнам – до 61,5 (в 2017 г. – 59%), по кормоуборочным – до 65,3% (в 2017 г. – 61,8%) [2].

Следствием сокращения технической оснащенности сельскохозяйственных предприятий, резкого старения машинно-тракторного парка является уменьшение плотности механизированных работ, увеличение их сроков и снижение качества, рост затрат на поддержание техники в работоспособном состоянии, приводящие к увеличению себестоимости производимой продукции. Низкий технико-технологический уровень АПК России приводит к отставанию отрасли от лучших мировых показателей по продуктивности в растениеводстве и животноводстве и является главной причиной невысокой конкурентоспособности производства сельхозпродукции на внутреннем и внешнем рынках. В то же время, в последние годы растет спрос на продукцию сельского хозяйства, который невозможно удовлетворить без применения новых технологий и современной техники. Отмеченные проблемы заставляют сельскохозяйственных производителей искать научно-обоснованные подходы к повышению уровня технической оснащенности и рационального использования материально-технических ресурсов. Опыт работы большинства предприятий АПК свидетельствует о том, что стабилизация сельскохозяйственного производства и уменьшение себестоимости продукции возможны при освоении современных агротехнологий и оптимальных сроков их выполнения при соответствующей энерговооруженности. Учитывая сложившуюся ситуацию, необходимо максимально повысить эффективность использования имеющейся в хозяйствах сельскохозяйственной техники за счет оптимизации структуры машинно-тракторного парка, использования агрегатов большей производительности, совмещения числа операций и т.п. От правильной регулировки, настройки и эксплуатации посевных и почвообрабатывающих машин во многом зависит урожайность сельскохозяйственных культур.

Таким образом, в настоящее время динамичность изменения экономических условий требует, прежде всего, более оперативно совершенствовать методы организации и использования машинно-тракторного парка. Этой проблеме уже на протяжении ряда лет посвящены многочисленные исследования отечественных и зарубежных ученых, однако она все еще далека от своего логического завершения.

Улучшение использования средств механизации - одно из решающих направлений повышения эффективности сельскохозяйственного производства. В настоящее время научно-технический прогресс развивается быстрыми темпами, что обуславливает активное внедрение последних достижений науки и техники в производство. Известно, что *эффективность использования сельскохозяйственной техники*, во-первых, непосредственно связана с получением сельхозпроизводителями максимального количества продукции при оптимальных затратах труда, средств, энергии и ресурсов с учетом рыночного спроса на продукцию при соблюдении требований охраны труда и экологической безопасности, и во-вторых, в основе ее заложены прогрессивная, высокопроизводительная и надежная техника для выполнения соответствующих передовых современных агротехнологий; технический сервис, включающий обеспечение работоспособности машин и оборудования, качественное обслуживание и ремонт в гарантийный и послегарантийный период; квалифицированные кадры и прогрессивные формы организации их труда.

Ключевым ресурсом для дальнейшего роста продуктивности сельского хозяйства, обеспечения стабильного результата и повышения конкурентоспособности становятся цифровизация и интеллектуализация максимального количества сельскохозяйственных процессов. В настоящее время определились и получают развитие следующие основные направления интеллектуализации сельского хозяйства: применение интеллектуальных систем в конструкциях сельскохозяйственных машин, систем параллельного вождения, телеметрии и мониторинга сельскохозяйственной техники; внедрение технологий точного сельского хозяйства, использование интернета вещей, беспилотных летательных аппаратов, робототехнических устройств, мобильных приложений [5].

Эксперты считают, что благодаря технологиям точного земледелия, интернета вещей может последовать подъем урожайности такого масштаба, какого человечество не видело даже во времена появления тракторов,

изобретения гербицидов и генетически изменённых семян. Применение технологий нового поколения способно увеличить производительность мирового сельского хозяйства к 2050 г. на 70% [2].

Усложнение сельскохозяйственных машин, условий их использования, повышающиеся требования к качеству выполнения технологического процесса вызывают необходимость использования новых подходов и концепций. Они базируются на применении современных информационных технологий, автоматизированных систем контроля и управления технологическими процессами, глобальных систем позиционирования.

Современный АПК России пока находится на старте инновационного развития. По оценкам экспертов, пока только 7-10% аграриев внедряют цифровые инновации (для сравнения: в Европе – 69%). [6,7]. Создаются новые модели отечественных сельскохозяйственных машин и механизмов, причем отмечается рост внимания аграриев к цифровой технике и технологиям, что повышает эффективность производства, снижает текущие расходы. Внедрение инноваций происходит во всех секторах АПК. В каждом – своя специфика. Например, в земледелии электроника и программное обеспечение внедряются в исследования состояния почвы, управление подкормкой и защитой растений, контроль за качеством посева и количеством и качеством урожая, местонахождением и навигацией техники. На основе анализа больших данных фермеры получают рекомендации по оптимальным срокам и характеристикам посадки, полива, внесения удобрений, сбора и хранения урожая.

В настоящее время можно выделить некоторые основные линии, по которым идут разработки инноваций в области земледелия. Первая – точное земледелие, где у нас наиболее востребованы такие технологии, как дифференцированный посев и точное внесение удобрений, оценка влажности, картографирование урожайности. Вторая – автопилотирование, дающее возможность человеку спокойно заниматься настройками в то время, как его машина сама движется по определенной заранее траектории. Разработанная инженерами Ростсельмаша система автопилотирования (по валку и кромке поля) использует только одну видеокамеру стандартных параметров и может работать без спутниковых сигналов навигации. Как показали испытания, такая технология дает рост производительности труда на 20% и экономит горюче-смазочные материалы на 15%. Кроме того, беспилотная сельхозтехника избегает поломок, связанных с наездом на линии электропередач или камни. Дополняет автопилотирование система ночного видения, особенно нужная при обработке насаждений опрыскивателями, работающими главным образом в ночное время. Система ночного видения повышает эффективность полевых работ на 20%. Возможно, именно российские разработки беспилотной сельхозтехники выйдут на первые позиции в мире. Системы дистанционного агроменеджмента – третья линия инновационных разработок в АПК. Эти технологии позволяют вести удаленно наблюдение за ходом выполнения заданий, скоростью проведения различных операций, получать информацию об использовании производственных мощностей, расходе топлива, удобрений, семян и т.п. Агроменеджмент дает возможность организовать взаимодействие нескольких единиц техники по протоколу межмашинного взаимодействия. Эти российские разработки не требуют наличия интернета, что очень важно для работающих в «глубинке» фермеров.

Для перехода на новую ступень технологического развития АПК «Сельское хозяйство 4.0» (Agriculture 4.0) необходим действенный механизм его реализации. Основной путь, по которому сегодня идет цифровизация российского АПК – это приобретение уже готовых инновационных технологий и моделей техники, причем в немалой степени зарубежного производства, то есть действует догоняющий курс инновационного развития. По оценкам Департамента цифрового развития РФ менее 40% внедряемых технологий – отечественные. Западные производители активно осваивают российский рынок и считают, что через 10-15 лет технологии точного земледелия будут использоваться у 90% российских аграриев. Иностранные фирмы создают сборочное производство своих моделей сельхозтехники на территории России, активно продвигают свою продукцию на емкий российский рынок и адаптируют ее к российским условиям. Можно привести немало примеров. Немецкая Kverneland Group модернизировала посевную машину Kverneland u-drill, к условиям России, теперь она может работать на обширных площадях российских полей и на различных почвах, даже тяжелых. Сеялка Kverneland u-drill 6001 может работать в связке не только с западной техникой, но и с российскими тракторами. Фирма готовила эту модель с учетом пожеланий пользователей. В 2020 году она была успешно протестирована в хозяйствах Краснодарского края, а также в Курской, Белгородской, Тамбовской и Липецкой областях. В России пока немного компаний, в которых производство интегрировано с научно-техническими исследованиями и разработками и которые могут выйти на рынок с предложением широкого модельного ряда сельхозтехники, оснащенной передовой технологией и имеющей развитую систему сбыта и сервиса. Инновационное развитие осуществимо, если есть тесная связь науки, разработок, производства, сбыта и обслуживания, то есть связь субъектов единого процесса по всей цепочке и с прочной финансовой базой. Становление инновационно ориентированных моделей развития АПК требует изменений в институциональной среде АПК. Два важнейших ресурсных элемента инноваций – НТР (научно-техническое развитие) и производство – дающие результат при тесном взаимодействии, в подавляющем большинстве случаев разделены. Основные аграрные исследования и разработки в нашей стране осуществляются в государственном секторе, где ключевыми заинтересованными сторонами являются наука, бизнес-сообщество и федеральные органы исполнительной власти. Названные стейкхолдеры по-разному видят приоритеты, действуют часто несогласованно, в результате над задачами реального сектора преобладают фундаментальные

исследования и разработки, определенные ведомственными учреждениями, которые далеко не всегда соответствуют задачам бизнес-сообщества, и потому оказываются слабо востребованными и не внедренными.

Сегодня агропромышленный комплекс России показывает не только устойчивое развитие и высокую эффективность, но и все предпосылки для превращения в ключевого драйвера российской экономики. Последовательная политика по внедрению инноваций в АПК, сохранение лучших традиций российского образования при умелом его сочетании с IT-технологиями, гибкое привлечение всех источников капиталовложений в агропромышленный комплекс страны – основы для выхода России на новые рубежи в мире.

В целях совершенствования технического уровня выпускаемой продукции сельскохозяйственного машиностроения и повышения ее привлекательности для потребителя необходимо стимулировать увеличение отраслевых расходов на проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, создание условий для непосредственного взаимодействия предприятий отрасли сельскохозяйственного машиностроения с научными организациями для разработок новых технических решений, продуктов и технологий.

#### Литература

1. Лачуга Ю.Ф., Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Шогенов Ю.Х. Интенсивные машинные технологии, роботизированная техника и цифровые системы для производства основных групп сельскохозяйственной продукции // Техника и оборудование для села. – 2018. – № 7 (253). – С. 2-7.
2. Бурак П.И., Голубев И.Г., Федоренко В.Ф., Мишуров Н.П., Гольяпин В.Я. Состояние и перспективы обновления парка сельскохозяйственной техники: науч. аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 152 с.
3. Иванова В.Н., Серегин С.Н. Новые ориентиры развития АПК России на период до 2030 года // Пищевая промышленность. – 2018. – № 8. – С. 44-48.
4. Изменения, которые вносятся в Государственную программу развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы (утв. постановлением Правительства Российской Федерации от 13 декабря 2017 г. № 1544).
5. Печоник О.И. Влияние норм ВТО на возможности перехода АПК на новый технологический уклад (на примере Курганской области) // Проблемы прогнозирования. – 2014. – № 4(145). – С. 108-112.
6. Джавадова С.А. Инновационные технологии как фактор устойчивого развития АПК // Научные исследования и инновации. – 2021. – С. 42-57.
7. Джавадова С.А., Молчанова Л.А. Инновационные технологии в основе устойчивого развития отечественного агропромышленного комплекса // Журнал прикладных исследований. – 2021. – № 2-3. – С.46-54.

УДК 330.34

### ИНТЕГРАЦИЯ СКВОЗНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АГРОПРОМЫШЛЕННЫЙ КОМПЛЕКС РОССИИ

А.Н. Ситухо, магистрант, И.А. Салтовец, магистрант  
ФГАОУ ВО ЮФУ

г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

**Введение.** Сложно переоценить роль сельского хозяйства в становлении современной цивилизации, т. к. именно неолитическая революция стала первым рывком человечества к современному высокотехнологичному состоянию. Даже при учете незначительного вклада современного сельского хозяйства в экономику развитых стран, в т. ч. и в России (доля сельского хозяйства в ВВП РФ составляет лишь 4,5% в 2021 г.), состояние аграрного сектора все еще оказывает значительное влияние как на смежным с ним отрасли, так и на социальную стабильность стран.

Более того, несмотря на все технологические достижения, человечество даже в начале третьего десятилетия XXI века не смогло решить проблему голода: по статистике ООН на конец 2022 г. в мире от 702 до 828 млн человек голодающих, и данное число возросло по сравнению с 2020 и 2021 гг. При этом рост данного числа связан не столько с уязвимостью сельского хозяйства от природных факторов, сколько от взаимодействия стран на мировой арене, т. к. рост социальной и политической напряженности в одной части мира способно оказать значительное негативное влияние на продовольственную безопасность всех стран мира.

Это обуславливает необходимость развития и совершенствования сельского хозяйства каждой страной для формирования возможности самообеспечения минимальным объемом аграрной продукции и снижение зависимости от иностранных поставок, что актуально и для нашей страны. Однако в сельскохозяйственном секторе России уже происходят значительные перемены, связанные с большим количеством разнообразных влияющих факторов. Например, развитие Четвертой промышленной революции приводит к структурным переменам внутри системы, что не может не повлиять на систему организации данной отрасли, ее эффективность и взаимодействие с другими элементами национальной экономики.

Тема цифровизации экономики в целом и сельского хозяйства в частности поднималась многими зарубежными и отечественными авторами, например проблемы внедрения инноваций в аграрный сектор

рассматривались Арбузовой Д. А., Тимофеевой О. Г., Gagliardi G., Cosma A. I. M., Marasco F. и др.; оценка текущего уровня цифрового развития отрасли в России стало предметом анализа Черкашиной Л. В., Евсениной М. В., Федотовой Г. В., Горлова И. Ф. и др.; возможности и проблемы внедрения сквозных технологий в общих чертах описаны в работах Romeo L., Petitti A., Marani R., Milella A.; данный аспект применительно к сельскому хозяйству РФ рассмотрели Панова А.В., Кривоногов С. В., Астахова Т. Н. и др.

Ряд авторов рассматривали и анализировали отдельные кейсы по реализации сквозных технологий на практике (к примеру, Анищенко А. Н., Белокрылова О. С., Ситухо А. Н.), их экономической эффективности, однако вопрос возможности и целесообразности внедрения сквозных технологий в малое предприятие сельского хозяйства РФ до сих пор не изучен в достаточной мере.

Теоретические основы исследования сквозных технологий.

Понятие сквозных технологий тесно связано с концепцией Четвертой промышленной революции, предложенной Клаусом Швабом в 2018 г. [11]. В истории человечества выделяются четыре революции, кардинально изменивших общество: неолитическая аграрная и три промышленных. В настоящий момент также появляется большое количество радикально новых технологий, поэтому некоторые видные деятели заявили о том, что человечество стоит на пороге новой, Четвертой промышленной революции. Характерным признаком грядущей революции являются беспрецедентные темпы развития, т. к. она развивается экспоненциально.

Кроме того, Четвертая промышленная революция (далее – 4ПР) характеризует большей широтой и глубиной, нежели предыдущие. Основываясь на цифровой революции и сочетании разнообразных технологий, возникают беспрецедентные изменения парадигм в экономике, политике и даже морально-нравственных ценностях. Такие изменения оказывают системное воздействие, т. к. рассматриваемая революция предусматривает всесторонние внешние и внутренние преобразования всех систем на всех уровнях.

Правительства некоторых стран уже начали стимулировать внедрение последних достижений грядущей революции. Впервые Четвертая промышленная революция была формально институционализована в Германии в 2012 г. в рамках проекта «Индустрия 4.0». В России была создана в 2015 году и реализуется программа «Национальная технологическая инициатива (НТИ)», являющаяся совокупностью мер по формированию принципиально новых рынков и созданию условий для глобального технологического лидерства страны к 2035. В рамках НТИ выделены 9 рабочих групп по развитию рынков будущего и одна группа по развитию передовых производственных технологий и созданию нового поколения производств, одним из которых FoodNet [16]. Также в НТИ сформулировано понятие «сквозные технологии», под которыми понимаются технологии 4ПР, которые имеют потенциал оказать наиболее существенное влияние на развитие рынков НТИ.

Что касается подходов в научной литературе, то большинство авторов не предпринимают попыток дать какое-либо исчерпывающее определение вышеназванных технологиям, однако и единого наименования данной группы технологий нет [6]. Так, большинство российских авторов объединяют их в группу «сквозные технологии» вслед за НТИ, в англоязычной литературе также встречается данное наименование (cross-cutting technologies), хотя чаще их именуют технологиями 4ПР, технологии Индустрии 4.0, технологии Сельского хозяйства 4.0 и пр.

Для отбора публикаций по теме исследования был применён метод PRISMA. Цель применения данного метода состоит в систематическом изучении литературы на определенную тему. Поиск осуществлялся по нескольким базам статей: русскоязычные статьи были найдены в системе Google Scholar, при этом поиск осуществлялся по статьям с 2018 г. по ключевым словам «сквозные технологии» & «сельское хозяйство», в итоге был сформирован список из 177 статей. При этом на тип ресурса (статья, тезисы конференции, глава в книге) или на область науки ограничения не вводились. Поиск англоязычных статей осуществлялся также в системе Google Scholar по следующим ключевым словам: «Technologies agriculture 4.0»; «Technologies Industry 4.0» AND «Agriculture». Результатами поиска по Google Scholar стал список из 421 материалов. Также 17 англоязычных статей были извлечены из Scopus Elsevier с наибольшим числом цитирований по результатам поиска с ключевыми словами «Technologies Industry 4.0» AND «Agriculture».

При дальнейшей работе со статьями были исключены 7 англоязычных статей, имеющих дублирование в Google Scholar и Scopus Elsevier. 608 публикации перешли на следующий этап отбора материалов. В виду обширности поисковой выдачи были отобраны 54 публикации, выданные в Google Scholar первыми в списке по критерию релевантности (33 – русскоязычные и 21 – англоязычные), в итоге на следующий этап перешло 64 источников (с учетом 10 уникальных статей, извлеченных из Scopus Elsevier). Далее в ходе работы было исключено 15 публикаций, доступ к полному тексту которых не удалось получить. К следующему этапу обработки дошли 49 публикации. Так как выборка была сформирована автоматически на этапе отбора 64 источников, то формирование еще одной выборки было нецелесообразным.

Основной акцент исследователи делают в возможностях и рисках, преимуществах сквозных технологий, а также изучают текущие практики внедрения отдельных технологий, наиболее популярной из которых является Интернет вещей (IoT), блокчейн, их взаимодействие; большие данные [9, 10] и пр. Более того, многие авторы не разделяют понятия «цифровые технологии» и «сквозные технологии», хотя это неверно: технологии 4ПР во многом основаны на достижениях Третьей промышленной революции, некоторые из них существуют только в цифровой среде (например, большие данные или искусственный интеллект), однако отождествление данных понятий противоречит концепции промышленных революций К. Шваба. Тем не менее, в российских

официальных программах нет четкой границы между вышеназванными группами технологий, например в программе «Цифровое сельское хозяйство» упоминаются такое словосочетание, как «сквозные цифровые продукты и технологии», поэтому в данной работе под цифровизацией процессов сельскохозяйственного производства мы будем подразумевать не процесс переноса данных из аналоговых источников в цифровые, а более качественное изменение роли цифровых технологий в производственном процессе – внедрение новейших технологических решений, соответствующих этапу 4ПР.

Рассмотрим далее результаты исследований отечественных и зарубежных авторов о возможностях и рисках внедрения сквозных технологий в сельское хозяйство. Сквозные технологии меняют сельское хозяйство и продовольственную систему. Примеров тому множество на различных этапах цепочки создания стоимости агропродовольственной продукции, в современном мире цифровая ферма считается более устойчивой и эффективной, чем традиционная. К числу многочисленных преимуществ цифрового сельского хозяйства для отдельного предприятия относятся:

1. Оптимизация коммуникаций. Благодаря автоматизированному сбору данных с помощью таких технологий, как RFID-метки и другие мобильные вычислительные решения, сельскохозяйственные данные можно легко собирать в поле и мгновенно отправлять руководству и другим партнерам по цепочке поставок.

2. Эффективный мониторинг. Технологии позволяют фермерам лучше следить за здоровьем скота и посевам. Такие инструменты, как носимые датчики для скота, позволяют контролировать температуру, а беспилотники сегодня используются для обследования полей, оценки качества почвы и планирования посадки семян. Фермеры могут использовать живое наблюдение для прогнозирования успеха различных стратегий. Эти решения также помогают им управлять и контролировать активность сорняков и вредителей на всех этапах их деятельности.

3. Повышение эффективности принятия решений. Сквозные технологии дают фермерам подробные сведения, позволяющие лучше понять эффективность их работы, а также информацию, необходимую для принятия более обоснованных решений. Сельскохозяйственные компании могут использовать большие данные для решения любого количества вопросов или предотвращения проблем, связанных с посадкой, сбором, продажей и транспортировкой сельскохозяйственных культур.

4. Экономия времени и денег. Благодаря более эффективной планировке поля с использованием технологии GPS и передовых знаний фермер может повысить урожайность и быстрее выполнить работу, тем самым снизив затраты [1].

Таким образом, внедрение сквозных технологий открывает следующие позитивные возможности для развития агропромышленного комплекса:

- Управление ресурсами любого элемента системы можно строить на принципах оптимизации, индивидуального подхода, разумности и предсказуемости. Например, внедрение бизнес-модели «Точечное земледелие», проведенное PwC на конкретном предприятии, позволило достичь средней экономии затрат в 5–10% и повышение урожайности больше чем на 10%. На другом предприятии PwC реализовывало концепцию «Цифровая ферма», что позволило достичь экономии затрат в 15–20%, сокращения падежа скота на 15% и увеличения поголовья на 10% [2].

- В производственно-сбытовых цепочках обеспечивается полная прослеживаемость и координация, создаются оптимальные модели управления сельскохозяйственными землями, культурами и животными.

- Цифровое сельское хозяйство позволяет создать системы, для которых характерны высокая продуктивность, предсказуемость и способность адаптироваться к изменениям, в том числе и к тем, которые провоцирует меняющийся климат. Это, в свою очередь, обеспечивает повышение уровня продовольственной безопасности, доходности и устойчивости, а также решает проблему голода в мире.

- Сквозные технологии также могут помочь правительствам повысить эффективность и результативность существующих политик и программ, а также разработать более совершенные. Например, свободно доступные и высококачественные спутниковые снимки значительно снижают затраты на мониторинг многих видов сельскохозяйственной деятельности. Это может позволить правительствам перейти к более целенаправленной политике, которая вознаграждает (или наказывает) фермеров в зависимости от наблюдаемых экологических результатов. Помимо мониторинга соблюдения экологической политики, сквозные технологии позволяют автоматизировать административные процессы в сельском хозяйстве и развивать расширенные государственные услуги, например, в отношении распространения знаний или консультационных услуг.

- Наконец, сквозные технологии могут содействовать торговле сельскохозяйственной и пищевой продукцией, обеспечивая выход поставщиков частного сектора на новые рынки, а также предоставляя правительствам новые способы мониторинга и обеспечения соблюдения стандартов, а также ускорения и повышения эффективности пограничных процедур, необходимых для скоропортящихся продуктов [7].

Среди негативных аспектов внедрения сквозных технологий в АПК можно выделить: отсутствие полной и актуальной информации о системе и элементах сельского хозяйства и аграрной промышленности; дефицит в АПК специалистов, способных интегрировать и взаимодействовать со сквозными технологиями; дороговизна зарубежных разработок при немногочисленности отечественных передовых технологий; невозможность обеспечить процессы модернизации и цифровизации предприятий сельскохозяйственного сектора экономики за счет собственных средств; неприятие сотрудниками современных технологий, в том числе по причине опасения замещения труда человеческого трудом роботизированным.

Таким образом, существуют значительные риски в распространении данных технологий. Наиболее явным из них является тот факт, что все вышеназванные технологии являются капиталоемкими и снижают потребность в сельскохозяйственных работниках. Кроме того, внедрение сквозных технологий требует значительных средств для покупки оборудования, а также его обслуживания (зарплата для высококвалифицированных кадров, запчасти и пр.), что увеличивает разрыв между развитыми и развивающимися странами, а также между крупными и малыми предприятиями и, следовательно, ведет к уменьшению конкуренции в данной отрасли.

Тем не менее, несмотря на всевозможные риски внедрения сквозных технологий, многие развитые государства нацелены на широкое распространение таких технологий в сельском хозяйстве.

Факторы воздействия на процесс внедрения сквозных технологий в сельское хозяйство РФ.

Стоит начать с того, что большую роль играет государство и те меры, которое оно предпринимает для поддержания фермеров, занимающихся сельскохозяйственной деятельностью. Так, например, создано достаточное количество грантов для агробизнеса. Ярким представителем является проект «Агростартап», который помогает начинающим фермерам в развитии и дальнейшем продвижении своих идей, связанных с агропредприятиями. Вторым положительным фактором выступает другая разновидность государственной поддержки – выделение субсидий для предприятий, например фермеры имеют возможность получать субсидии для покупки элитных семян. Третьим немаловажным фактором выступает льготное кредитование сельскохозяйственных организаций. В августе 2022 было принято решение о снижении ставки по льготным кредитам для организаций, занятых в отрасли сельского хозяйства с 10% до 5% [4].

Положительным импульсом с точки зрения внедрения сквозных инноваций будет обладать ситуация, связанная с дефицитом высококвалифицированных кадров, которая заставляет компании инвестировать в трудосберегающие технологии.

Кроме того, сегодня значительное внимание уделяется экологической повестке, в научной литературе разрабатываются идеи «зеленой» экономики, устойчивой экономики, что распространяется и на процессы в сельском хозяйстве [5, 12]. Главная проблема, с которой мы сталкиваемся в вопросе экологии – это чрезмерное использование большого количества химических препаратов, таких как гербициды, пестициды, минеральное удобрение и пр. Как следствие от постоянного использования данных средств может наблюдаться ухудшение состояния почвы.

Уже сейчас есть технологии, нацеленные на улучшение плодородия почв и сокращения внесения химических препаратов во время сельскохозяйственного цикла (например, технология обработки почв mini- и no-till), и сквозные технологии будут способствовать более широкой реализации данной идеи на практике.

Немаловажным является и то, что использование сквозных технологий во многом может выровнять ситуацию с неопределенностью и зависимостью от природно-климатических ситуаций. По сути, фермеры могут отслеживать состояние почвы, а именно оказывать поддерживающие мероприятия по сохранению постоянного необходимого уровня влаги в почве, температуры. Следовательно, контролируя данные процессы, главы сельскохозяйственных предприятия могут формировать планы по посеву и сбору урожая, чье качество будет также повышено вследствие проведения вышеуказанных мероприятий.

Далее также выделим высоковероятные негативные аспекты влияния внедрения сквозных технологий на сельскохозяйственное предприятие. Среди политических факторов наиболее глобальной проблемой выступают санкции от иностранных стран, препятствующих получению и обмену лучших новых технологий, а также малоразвитость отечественных производителей в данном вопросе. На данный момент, стране предъявлено более 13 тыс. санкций, которые являются преградой для процесса обмена информацией и технологиями с высокотехнологичными странами. Российские аграрные предприятия уже столкнулись с дефицитом запасных частей, различных материалов, необходимых для поддержания работы импортной техники. Более того, многие зарубежные производители (Deere & Company, CLAAS, New Holland Agriculture и др.) сократили поставки своей продукции в Россию и заявляют о намерении уходить с российского рынка полностью. К сожалению, отечественное производство не очень успешно преуспело в создании сквозных технологий, хотя ряд отечественных производителей (например, Ростсельмаш) предлагают достаточно успешные альтернативы.

Нельзя не отметить, что внедрение сквозных технологий в средние и малые предприятия, осуществляющие сельскохозяйственную деятельность, требует больших инвестиций. Более того, расширение использования техники может привести к увеличению зависимости от стоимости на энергоносители. Особенно остро стоит это вопрос в связи с санкциями, которые были наложены на российскую нефть и другие нефтепродукты.

Стоит учесть также динамику роста среднего количества жителей в сельской местности, у которых сформированы цифровые навыки. Основная тенденция заключается в том, что люди, проживающие в городской местности, на протяжении всех выбранных периодов времени в 1,5 раза больше применяют свои навыки работы с техникой, чем сельские жители [14]. Однако положительным сигналом является то, что наблюдается рост навыков работы с компьютером у людей, проживающих не в городской местности. Это говорит о том, что данная часть общества понимает важность и практическую невозможность работы без использования компьютерных технологий.

Необходимо отметить, что при внедрении сквозных технологий во многие сельскохозяйственные предприятия будет наблюдаться снижение количества рабочих мест. Это действительно может отрицательно

сказаться на общем уровне занятости в данных регионах, так как трудоспособное население останется без работы и возможности обеспечения своей жизнедеятельности.

В социальной сфере мы можем выделить такую проблему, как кадровый дефицит компетентных специалистов (фермеров) в области взаимодействия с новыми технологиями. Так, В.В. Годин и соавторы полагают, что в текущий момент фермера и главы агропредприятий недостаточно сильно углублены в тонкости использования различных цифровых технологий. Как следствие, это может послужить причиной снижения производительности предприятия, а также реализации данной продукции на рынке [3].

С другой стороны, в настоящий момент мы можем сказать, что с каждым годом малый и средний бизнес старается внедрять больше цифровых технологий в свой процесс деятельности. Так, по данным аналитического центра НАФИ среди субъектов малого и среднего бизнеса в России 16% компаний имеют высокий уровень цифровизации, 72% – средний, 12% – низкий [13]. Что касается отрасли сельского хозяйства, то по данным Центра прогнозирования и мониторинга Кубанского государственного аграрного университета имени И.Т. Трубилина, к октябрю 2022 года цифровизацию внедрили менее 3% хозяйств [15]. Соответственно, здесь возникают сложности по внедрению сквозных технологий полностью «с нуля». Однако даже если рассматривать успешное внедрение данных технологий на предприятие, здесь мы можем также столкнуться со сложностями обслуживания новых технологий.

При внедрении данных технологий мы должны четко понимать правовое поле, в котором собираемся работать. Однако существуют проблемные районы, которые требуют дополнительных законодательных актов. Так, на этапе внедрения сквозных технологий возникает проблема права собственности при получении и обработке больших данных. Основной вопрос заключается в том, кто будет иметь право собственности на информацию, полученную с местности, где осуществляется сельскохозяйственная деятельность [8]. Второй «серой зоной» является проблема возложения юридической ответственности за возможные ошибки в применении сквозных технологий. Например, после процесса удобрения зерновых культур, было выявлено превышение концентрации вещества. В данном случае, кто будет являться лицом, которое будет нести ответственность: фермер, который не досмотрел, поставщик программного обеспечения, которые создал программу или разработчик сенсора, который должен контролировать данный уровень удобрения? И третьим важным аспектом является кибербезопасность в правовом поле. К сожалению, отечественное законодательство до сих пор не сформировало и не приняло ряд важных законодательных актов, которые бы могли эффективно контролировать и регулировать данную отрасль с внедрением сквозных технологий.

Таким образом, на данный момент сквозные технологии являются объектом активного интереса научного сообщества, практиков и государства: существует огромное количество работ по изучению возможности данных технологий, их преимуществ и недостатков, а также перспектив и результатов их внедрения в сельское хозяйство различных стран. Проблема качественного развития реального сектора является важным для многих стран, однако вопрос инновационного совершенствования аграрного сектора РФ также актуализируется экспортной направленностью его деятельности и современной политической обстановкой. На основе вышесказанного можно сделать следующие выводы:

1. Сквозные технологии как технологическая составляющая 4ПР является предметом тщательного изучения, при этом большинство исследователей акцентируют внимание на практическом применении данных технологий, а также подробно изучают их преимущества и недостатки;
2. Внедрение сквозных технологий позволит создать новую бизнес-модель в аграрном секторе, которая будет основана на принципах оптимизации, индивидуального подхода, разумности и предсказуемости, что в итоге приведет к повышению эффективности всего аграрного сектора, уменьшению его зависимости от природных факторов, а также росту результативности государственных программ;
3. Процесс внедрения данных технологий во многом зависит от факторов внешней среды, значительное влияние из которых оказывает государство посредством программ, субсидий и законодательства. В то же время существенное воздействие оказывает ситуация дефицита как низко-, так и высококвалифицированных кадров в сельском хозяйстве, их низкая цифровая грамотность; рост общественного внимания к экологическим вопросам, а также изменение ситуации на политической арене.

#### Литература

1. Амирова Н. Р., Кондратьева Я. Э. Цифровые сквозные технологии: реалии и перспективы развития // ЦИТИСЭ. – 2019. – № 4(21). – С. 169-182.
2. Белокрылова О. С., Ситухо А. Н. Сквозные технологии в сельском хозяйстве: практика, преимущества и риски // Экономика, менеджмент, сервис: современные проблемы и перспективы : Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, Омск, 14–15 ноября 2022 года / Редколлегия: Е.В. Яковлева (отв. ред.) [и др.]. – Омск: Омский государственный технический университет, 2022. – С. 42-45.
3. Годин В.В., Белоусова М. Н., Белоусов В. А., Терехова А. Е. Сельское хозяйство в цифровую эпоху: вызовы и решения // E-Management. – 2020. – № 1. – С. 4–15.
4. Ипатова А. В., Ситухо А. Н. О содержании институционального проектирования государственной экономической политики (на примере малых форм хозяйствования Ростовской области): теоретико-эмпирический анализ // Modern Economy Success. – 2019. – № 4. – С. 50-57.



5. Сельское хозяйство 4.0: цифровые тренды развития АПК / Г. В. Федотова, И. Ф. Горлов, А. В. Глущенко [и др.]; ООО «СФЕРА»; Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции; Волгоградский государственный технический университет; Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова. – Волгоград : Общество с ограниченной ответственностью «Сфера», 2019. – 168 с.
6. Скворцов Е. А., Безносков Г. А., Скворцова Е. Г., Холманских М. В. Применение технологии блокчейн в сельском хозяйстве: обзор зарубежных публикаций // Бизнес. Образование. Право. – 2019. – № 3(48). – С. 171-175.
7. Тебекин А. В., Тебекин П. А., Егорова А. А. Анализ перспектив развития национальной экономики при внедрении сквозных цифровых технологий // Журнал экономических исследований. – 2020. – Т. 6, № 4. – С. 3-18.
8. Черкашина Л. В., Евсенина М. В. Развитие информационных, цифровых и интернет-технологий в российском аграрном секторе // Мировой опыт и экономика регионов России : сборник студенческих научных работ по материалам XVIII Всероссийской студенческой научной конференции с международным участием, Курск, 15 мая 2020 года / Курск: Закрытое акционерное общество «Университетская книга», 2020. – С. 382-386
9. Park S. A study on convergence of intelligent information technology of 6th Industry for sustainability // ICIC Express Letters, Part B: Applications. – 2020. – Т. 11. – №. 9. – С. 823-829.
10. Sarker M. N. I. et al. Big data driven smart agriculture: Pathway for sustainable development // 2019 2nd international conference on artificial intelligence and big data (ICAIBD). – IEEE, 2019. – С. 60-65.
11. Schwab K., Davis N. The Technologies of the Fourth Industrial Revolution // Geneva: World Economic Forum. - 2018.- p. 320
12. Turchaeva I. N., Golovach V. M. Digital transformations in agriculture as a factor of sustainable rural development // Complex Systems: Innovation and Sustainability in the Digital Age: Volume 2. – Cham : Springer International Publishing, 2021. – pp. 517-524.
13. Аналитический центр НАФИ: «Банк «Открытие»: интерес малого бизнеса к цифровизации и удаленной работе резко вырос в 2022 году [Электронный ресурс]. – URL: <https://nafi.ru/analytics/bank-otkrytie-interes-malogo-biznesa-k-tsifrovizatsii-i-udalennoy-rabote-rezko-vyros-v-2022-godu/> (дата обращения: 13.07.2023)
14. Информационное общество в Российской Федерации 2020 - сборник [Электронный ресурс]. – URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/lqv3T0Rk/info-ob2020.pdf> (дата обращения: 16.07.2023)
15. Как глубоко проникла «цифра» в сельское хозяйство? [Электронный ресурс]. – URL: <https://agrobook.ru/blog/user/aleksandra-koreneva/tochnoe-zemledelie-kakie-resheniya-okupyatsya-za-sezon-video> (дата общения: 12.07.2023)
16. Концепция дорожной карты FoodNet 2.0 / Официальный сайт Национальной технологической инициативы 20.35 [Электронный ресурс]. – URL: <https://nti2035.ru/markets/foodnet> (дата обращения: 13.07.2023).

УДК 631.372:631.3.075

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Л.М. <sup>1</sup>Бондаренко, студент, М.В. <sup>2</sup>Бондаренко, к.т.н., доцент

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»

г. Великий Новгород, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Академия ГПС МЧС России, г. Москва, Российская Федерация

В Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации определено, что обеспечение продовольственной безопасности сопряжено с рисками и угрозами, которые могут существенно её снизить. Такие риски и угрозы обуславливаются, в том числе, и последствиями природных и техногенных чрезвычайных ситуаций наиболее опасными из которых, являются пожары [1].

В данной работе рассматривается возможность повышения эффективности применения сельскохозяйственной техники, в частности тракторов, в области использования её для целей пожаротушения в зданиях коровников.

Согласно статистическим данным, в 2022 году в Российской Федерации в сельской местности произошло 160199 пожаров. Из них в зданиях сельскохозяйственного назначения 646 пожаров. Прямой материальный ущерб от пожаров в сельской местности составил более восьми миллиардов рублей, что на 25% больше аналогичного показателя прошлого года. Количество людей, погибших на пожарах в сельской местности - 3778 человек, травмировано 2873 человека [2]. Цифры довольно существенные и ситуация с пожарами в сельской местности тревожная. Причём с подобными проблемами сталкиваются многие страны мира. Так, в частности в США, в 2022 году на пожарах погибло более 518 тысяч голов скота.

Таким образом, тема повышения эффективности сельскохозяйственной техники, путём расширения области её применения для целей пожаротушения на объектах сельскохозяйственного назначения является актуальной.

Здания сельскохозяйственного назначения отличаются особенностью функционально-технологического процесса. В частности, коровники строят одноэтажными с не разделенными внутренними стенами достаточно просторными помещениями. Коровник на 200 голов, имеет размеры 87х20 метров (рисунок 1).

Основная задача при тушении пожара в животноводческих комплексах и в коровниках в частности – это предотвращение гибели животных. И главным для персонала является эвакуация животных. При привязном содержании коров стойла размещают по длине здания в несколько рядов, а между ними располагаются технологические проходы для выдачи кормов и подстила, уборки, доения. В стойлах коровы содержатся на групповой или индивидуальной привязи. Устройство легко сбрасываемых групповых привязей коров позволяет быстро провести эвакуацию в случае возникновения пожара. Наиболее экономичными считаются тросовые системы, использование которых позволяет легко и быстро освободить до 200 голов скота одновременно.



Рисунок 1 – Здание коровника с размещением животных

Поведение животных при возникновении пожара в коровнике может отличаться в зависимости от вида их содержания. Так в случае пожара при беспривязном способе содержания коровы сбивались в стадо у выходов, а когда открывали ворота и двери, они самостоятельно покидали горящие помещения. При этом плотность потока животных в дверных проёмах была максимальной. Опыты с животными, содержащимися на привязи, показали, что они самостоятельно не покидают своих мест, даже тогда, когда их освобождают от привязи и открывают двери и ворота. При возникновении горения инстинкт самосохранения заставил коров группироваться в стадо и отойти от источника опасности. Однако самостоятельно животные не могли покинуть опасную зону [3].

Время прибытия подразделений пожарной охраны к месту пожара в сельской местности определено законодательно и составляет 20 минут. За это время персонал заканчивает проведение эвакуации животных, которая в среднем составляет 3-7 минут. Но пожарной охраны пока нет, пожар горит, приобретая всё большие размеры.

Опыт применения так называемой приспособленной техники для тушения пожаров в нашей стране накоплен довольно большой. Поэтому мы рассмотрели возможность использования трактора для тушения пожара. В данном качестве нами был принят трактор МТЗ-82, получивший широкое распространение на селе, для выполнения различных сельскохозяйственных работ. В частности, на ферме трактор МТЗ-82 используется для подвоза и раздачи кормов, для перевозки грузов, мойки проходов и других видов работ (рисунок 2).



Рисунок 2 – Использование трактора МТЗ-82 для раздачи кормов

Основными проблемами использования трактора для тушения пожара на ферме являются:

- неблагоприятные климатические условия;
- отсутствие опыта подобной работы у тракториста;
- ограниченная видимость;
- высокая температура окружающей среды в зоне пожара;
- наличие дыма, отравляющих веществ и недостаток кислорода в воздухе для дыхания человека;
- экономическая целесообразность.

Приспособить трактор МТЗ-82 для тушения пожаров возможно при наличии поливочной бочки и навески (рисунок 3).

Подробно в рамках этой статьи обо всех проблемах поговорить не получится. Но обозначить пути решения этих проблем мы сможем. Итак, по порядку. Наибольшее количество пожаров по статистике происходит в весенне-летний период [2]. Соответственно, так как основным огнетушащим веществом является вода, то хранение заполненной поливочной бочки возможно большую часть года непосредственно снаружи у ворот фермы, а в холодное время года в тёплом помещении на ферме, либо в близлежащем здании.



Рисунок 3 – Поливочная бочка и навеска для трактора

Сложным моментом является необходимость быстрого присоединения навески, сцепка бочки с трактором, подключение коммуникаций и приведение их в рабочее состояние.

В рамках данного исследования был проведён ряд экспериментов по приведению трактора и бочки в готовность к тушению пожара. Эксперимент и сопутствующие ему расчёты были проведены по методике микроэлементного нормирования [4].

Исходные данные эксперимента были следующие:

- трактор находится на расстоянии не более 100 метров от входа в ферму;
- поливочная бочка заправлена водой и находится не далее, чем в 30 метрах от входа в ферму;
- навеска изначально закреплена на постоянной основе на передней части трактора на штатном месте;
- тракторист находится на расстоянии 50 метров от трактора.

Конечная позиция трактора с прицепленной поливочной бочкой и приведёнными в рабочее состояние коммуникациями – в 5 метрах напротив открытых ворот фермы (рисунок 4).

В результате определено, что среднее время приведения в готовность к работе на пожаре трактора и поливочной бочки одним трактористом составляет  $315 \pm 12$  секунд.



Рисунок 4 – Трактор с поливочной бочкой и работающими коммуникациями

Полученный результат позволяет сделать вывод о том, что имеется реальная возможность задействования трактора с поливочной бочкой для тушения пожара в здании фермы одним трактористом в промежутке между окончанием эвакуации животных и прибытием первых подразделений пожарной охраны.

Эти данные вполне коррелируют с данными по работе малочисленных пожарных подразделений [5].

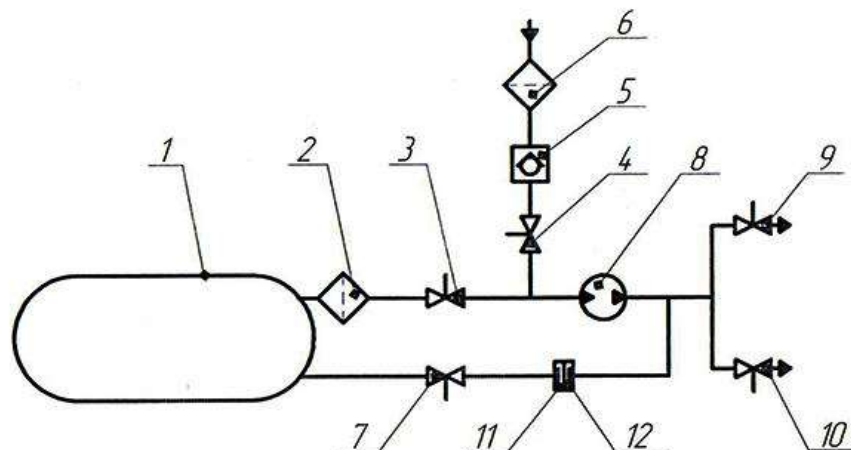
Следующей проблемой является ограниченная видимость. Эту проблему можно решить если максимально задействовать возможности приборов освещения трактора.

Для решения проблемы возможности нахождения тракториста в кабине трактора в условиях наличия высокой температуры окружающей среды в зоне пожара предлагается создание дополнительной конструкции рамочного типа из стальных труб диаметром 40 мм. с размещёнными на ней 2-4 форсунками (дренчерами) для охлаждения кабины и корпуса трактора в процессе работы в условиях высоких температур.

В конструктивную схему водоподающих коммуникаций бочки необходимо добавить шаровых кран и фильтр для питания охлаждающей рамки (рисунок 5).

Охлаждающая рамка крепится к крыше кабины трактора посредством восьми болтов М6 и гаек.

Проблему наличия дыма, отравляющих веществ и недостаток кислорода в воздухе для дыхания человека можно предложить решить следующим способом. Сейчас на российском рынке представлен довольно большой выбор самоспасателей, как изолирующего, так и фильтрующего типа. Нас для целей пожаротушения интересуют самоспасатели изолирующего типа. Так как самоспасатели фильтрующего типа не позволят находиться человеку в задымленной зона значительное количество времени.



1 – поливочная бочка; 2,6 – фильтр; 3,4,7 - краны шаровые; 5 - обратный клапан; 8 – насос; 9,10 – стволы (форсунки)

Рисунок 5 – Модернизированная схема водоподающих коммуникаций поливочной бочки

Самоспасатели же изолирующего типа, работающие на сжатом воздухе позволяют находиться и работать в дыму порядка 15-20 минут, что вполне достаточно для тушения пожара в начальной стадии до прибытия пожарных подразделений. Разместить самоспасатель на постоянной основе можно за спинкой сиденья тракториста в кабине трактора.

Остаётся проблема экономической целесообразности применения трактора для целей пожаротушения на ферме. Помимо самого трактора, который имеется в наличии в любом случае и задействован в сельскохозяйственных работах, необходимо приобрести поливочную бочку с навеской, изолирующий самоспасатель, изготовить и закрепить на тракторе охлаждающую рамку.

Полivочная бочка – вещь необходимая в сельском хозяйстве. Во-первых, в ней можно хранить и доставлять к месту назначения питьевую воду. Во-вторых, с её помощью можно осуществлять, полив сельскохозяйственных и декоративных растений. В-третьих, коммунальные службы сельского населённого пункта могут с её помощью мыть улицы и поливать газоны и цветники. Стоимость поливочной бочки объёмом 2 м<sup>3</sup> с навеской составляет от 210000 рублей, а объёмом 3,5 м<sup>3</sup> от 235000 рублей.

Самоспасатель изолирующего типа – устройство необходимое для защиты органов дыхания и зрения человека в непригодной для дыхания среде. Стоит изолирующий самоспасатель со сжатым воздухом порядка 90000 рублей.

В сравнении с этими цифрами приведём следующие. Средняя стоимость одной коровы составляет от 75000 до 150000 рублей. За время продуктивной жизни корова приносит в среднем 6-8 тысяч литров молока за год, 12 телят и в конечном итоге 150-250 кг. мяса [6]. Таким образом, потеря на пожаре даже одной коровы будет стоить значительно больше, чем все затраты на приспособление трактора для целей пожаротушения вместе взятые.

**Заключение.** Предложенные в данной работе пути решения проблем использования трактора для тушения пожара на ферме позволят спасти жизни животных, сохранить здания сельскохозяйственного назначения для дальнейшего использования по назначению. Применение трактора с поливочной бочкой и навеской позволит ликвидировать пожары в начальной стадии до прибытия пожарных подразделений, что таким образом, снизит ущерб от пожаров и обеспечит, в том числе, выполнение основных положений Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации.

#### Литература

1. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации (Указ Президента Российской Федерации от 21 января 2020 г. № 20). М.: 20 с.
2. Пожары и пожарная безопасность в 2022 году: Информационно-аналитический сборник. - Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2023. - 80 с.

3. Тушение пожаров в зданиях животноводческих комплексов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://studopedia.ru/11\\_107371\\_tushenie-pozharov-v-zdaniyahzhivotnovodcheskih-kompleksov.html](https://studopedia.ru/11_107371_tushenie-pozharov-v-zdaniyahzhivotnovodcheskih-kompleksov.html) (Дата обращения: 14.07.2023).
4. Терещев В.В. Обоснование параметров для разработки нормативов по боевому развертыванию пожарных подразделений на автоцистернах и автонасосах: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.26.01. // ВИПТШ МВД РФ. - 1989 - 201 с.
5. Бондаренко М.В., Ифтоди Л.А. К вопросу об определении численности личного состава отделений на пожарных автоцистернах // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2017. - № 4. – С. 56-60.
6. Продолжительность жизни коровы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agrovetspb.ru/zhivotnye/prodolzhitel-nost-zhizni-korovy.html> (Дата обращения 13.07.2023).

УДК 631.81.095.337

## **АКТУАЛЬНОСТЬ НОВЫХ ПОДХОДОВ К ПОВЫШЕНИЮ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ И УТИЛИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОТХОДОВ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ**

**В.В. Голембовский**, к.с.-х.н., **А.А. Коровин**, д.м.н.

ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»

г. Ставрополь, Российская Федерация

Использование традиционных технологий в растениеводстве и животноводстве неуклонно приближает человечество к экологической и продовольственной катастрофе [1,2].

Этому есть 2 основных причины: снижение урожайности сельскохозяйственных культур вследствие деградации почв [3] и резкий рост объемов токсичных сельскохозяйственных отходов, в первую очередь, животноводства [4, 5]

В сельском хозяйстве России за последние десятилетия технологический прогресс позволил совершить рывок в производстве основных сельскохозяйственных продуктов, тем самым обеспечив продовольственную безопасность страны. Однако, интенсивная эксплуатация земельных ресурсов негативно сказалась на плодородии почв, тем самым поставив под угрозу способность в будущем поддерживать производство сельскохозяйственной продукции на достаточном уровне

Внесение значительных объемов минеральных удобрений уже не может восполнить потребностей почв и сельскохозяйственных культур. При этом о сбалансированном внесении микроэлементов – важнейших компонентов в жизнедеятельности растений, речи вообще не ведется. Нередко в погоне за урожайностью применяют технологии, которые ведут к истощению, и, как следствие, снижению плодородия почв, а также снижают потенциал почвосстановления. Таким образом, вносимые удобрения сами нередко становятся угрозой плодородию почв, продовольственной и экологической безопасности [6]. При этом резко растет количество не переработанных отходов животноводства и растениеводства, оказывающих негативное влияние на состояние окружающей среды, особенно в сельской местности [7].

Естественным сбалансированным органоминеральным удобрением природного происхождения выступает биогумус – продукт естественной переработки органических отходов дождевыми червями семейства Lumbricidae.

Биогумус - идеальное питание для растений, содержащий весь перечень органических и минеральных компонентов для здорового роста растений. При этом использование различных видов навоза и/или помета в качестве субстрата для вермикомпостирования позволяет получать биогумус с заранее прогнозируемым химическим составом. Такое удобрение, выработанное по природной технологии в условиях промышленного производства, более конкурентоспособно по сравнению с любыми другими искусственными минеральными удобрениями [8, 9].

В настоящее время потенциал плодородия почв и урожайности принято рассматривать как симбиоз следующих составляющих: агрохимического состояния почвы, ее потребности в удобрениях для поддержания органоминерального баланса и потребности различных видов сельскохозяйственных культур в органических и минеральных веществах в константных количествах и пропорциях для своего роста.

Целью настоящего исследования явилась разработка простой, эффективной и недорогостоящей технологии утилизации отходов животноводства в целях получения экологически чистых комплексных органоминеральных удобрений.

Эксперимент проводился в условиях закрытого помещения в условиях вермиреактора и в полевых условиях (Ставропольская возвышенность) буртовым способом путем вермикомпостирования смеси, состоящей из отходов сельскохозяйственного производства растительного (солома озимой пшеницы) и животного (навоз крупного рогатого скота) происхождения в соотношении 40% х 60%. при температуре окружающей среды 16-25°C. Влажность субстрата поддерживалась в пределах 70-75% методом орошения поверхности. В качестве переработчика субстрата был использован червь *Dendrobaena Veneta* семейства Lumbricidae, хорошо зарекомендовавший себя в качестве производителя биогумуса и адаптированный к погоднo-климатическим условиям на большей части европейской территории России.

В закрытом помещении черви осуществляли процесс компостирования отходов круглогодично, в полевых условиях – до наступления холодов, с приходом которых они погрузились в анабиоз.

Очистка готового биогумуса от червей, непереваренных остатков субстрата и технологического мусора осуществлялась путем кавитации на вибростоле и барабанном измельчителе.

Забор проб биогумуса осуществлялся однократно спустя 3 месяца от начала эксперимента по результатам полного вермикомпостирования субстрата.

Агрохимическое исследование полученного биогумуса осуществлялось в условиях аттестованной лаборатории Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный центр агрохимической службы «Ставропольский», бактериологические и паразитологические – в Испытательном центре Федерального государственного бюджетного учреждения «Северо-Кавказская межрегиональная ветеринарная лаборатория».

Агрохимическое исследование биогумуса, агрохимический состав которого представлен в таблице 1, показало его пригодность использования в качестве безопасного комплексного органоминерального удобрения, которое позволяет одновременно восстанавливать содержание органического вещества и микроэлементов, необходимых для повышения плодородия почв и произрастания сельскохозяйственных культур. Санитарно-бактериологические и санитарно-паразитологические исследования также подтвердили безопасность полученного в результате эксперимента биогумуса.

В результате проведенного эксперимента установлено следующее. Способ получения удобрения методом вермикомпостирования прост, малозатратен и пригоден для реализации как в личных подсобных хозяйствах, так и на уровне мелких, средних и крупных предприятий сельскохозяйственного производства.

Предлагаемая технология позволяет интенсивно использовать отходы сельскохозяйственного производства растительного и животного происхождения, не имевшие практического применения в прошлом, и дает возможность получения экологически чистого биогумуса с низкими затратами.

Таблица 1 - Агрохимический состав биогумуса

Наименование показателя	Результат испытаний
Массовая доля сухого вещества (%)	27
Массовая доля влаги (%)	73
Массовая доля органического вещества (%)	85
Массовая доля питательных веществ, (%)	
азота	0,23
фосфора общего, в пересчете на P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,14
калия общего, в пересчете на K <sub>2</sub> O	0,36
Показатель активности водородных ионов, pH	7,1
Массовая концентрация, мг/кг:	
Железо	498,30
Цинк	31,45
Марганец	37,87
Медь	11,45
Кобальт	6,84
Бор	0,01
Молибден	0,001
Магний	1,09
Кальций	1,07
Массовая концентрация примесей отдельных токсичных элементов (валовое)	
свинец (мг/кг)	2,24
кадмий (мг/кг)	0,01
ртуть (мг/кг)	<0,005
мышьяк (мг/кг)	1,22

Все вышесказанное приводит к следующему выводу. Всемирное истощение плодородия почв и связанные с этим экологические проблемы требуют ускоренного развития новых ресурсосберегающих технологий.

Нами предлагается следующий путь развития производства сельскохозяйственных культур. На основе первичного агрохимического анализа почв подбираются сельскохозяйственные культуры, наиболее близкие по требованиям в области органического и минерального состава. Внесение экологически чистого комплексного органоминерального удобрения – биогумуса, полученного путем вермикомпостирования органических отходов животного и растительного происхождения, позволит значительно снизить антропогенную нагрузку на почву, повысит рентабельность при выращивании культур, их урожайность и пищевую ценность, позволит перейти в товарную нишу «экологически чистый продукт» без значительных финансовых и материальных затрат.

Таким образом, в перспективе увеличение производства продовольствия станет возможным только в случае принятия в качестве приоритета сложного комплекса факторов управления восстановительными способностями почвы за счет рационального и сбалансированного использования органоминеральных удобрений.

### Литература

1. Гарзанов А.Л., Дорофеева О., Брюханов А.Ю. Навоз и помет: критерии оценки и эффективности технологии переработки // Мясная индустрия. 2021. № 10. С. 44-48.
2. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2021 году / URL: [https://rosreestr.gov.ru/activity/gosudarstvennoe-upravlenie-v-sfere-ispolzovaniya-i-okhrany-zemel/gosudarstvennyu-natsionalnyu-doklad-o-sostoyanii-i-ispolzovanii-zemel-rossiyskoy-federatsii/?sphrase\\_id=2534441](https://rosreestr.gov.ru/activity/gosudarstvennoe-upravlenie-v-sfere-ispolzovaniya-i-okhrany-zemel/gosudarstvennyu-natsionalnyu-doklad-o-sostoyanii-i-ispolzovanii-zemel-rossiyskoy-federatsii/?sphrase_id=2534441).
3. Гусева А.Н., Цуканова З.Р., Мерцалов Е.Н. Сельскохозяйственные факторы производства как источник загрязнения окружающей среды // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2021. Т. 8. № 1-2. С. 23-26.
4. Лящев А.А., Прок И.А. Влияние экстракта биогумуса на подготовку субстрата из конского навоза для вермикультуры. / Агропродовольственная политика России. 2018. № 5 (77). С. 36-41.
5. Попов В.Д., Федоренко В.Ф., Брюханов А.Ю. Приоритеты экологического развития животноводства России и пути их реализации // Техника и оборудование для села. 2020. № 12 (282). С. 2-5.
6. Состояние мировых земельных и водных ресурсов для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства. Системы на пределе. Сводный доклад 2021. Рим. URL: <https://doi.org/10.4060/cb7654ru>
7. Сушкова Т.Ю., Иванова Н.А. Эффективность использования земли в сельском хозяйстве региона // Экономика сельского хозяйства России. 2021. № 10. С. 39-44.
8. Хакбердиев О.Э., Шамсидинов Т.Ш. Деградация почв и влияние эрозии на агрохимические свойства почв // International Independent Scientific Journal. 2020. № 13-2 (13). С. 27-29.
9. Adams G O, Fufeyin P T, Okoro S E und Ehinomen I 2015 Bioremediation, biostimulation, and bioaugmentation: a review Int J Environ Bioremediation Biodegrad. 3:28-39.

УДК 631.6(075.8)

### АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ

**В.В. Васильев**, к.т.н., **Д.Н. Афоничев**, д.т.н.

ФГБОУ ВО Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I  
г. Воронеж, Российская Федерация

Орошение сельскохозяйственных угодий является сложным процессом, требующим больших капитальных вложений и высокого расхода воды. В настоящее время оросительную воду на сельскохозяйственных угодьях можно распределять несколькими способами [1, 2]: поверхностным, дождеванием, внутрпочвенным, капельным, мелкодисперсным. Каждый из указанных способов имеет свою область применения, но наиболее используемый способ орошения – дождевание, который широко используется в различных странах мира, в том числе и в России.

Дождевание, как способ орошения сельскохозяйственных угодий, применяется в таких странах как США, Корея, Китай, Германия, Япония, Россия и т.д., где орошаемые площади данным способом ежегодно увеличиваются. Главными причинами увеличения таких площадей являются ввод в эксплуатацию земельных участков, находящихся в неблагоприятных климатических условиях (степи, полупустыни), изменения климата планеты и повышение плодородия почвы с последующим приумножением урожайности сельскохозяйственных культур. Не зависимо от географического места использования дождевального способа орошения полей, он несет в себе повышенные трудозатраты, колоссальный расход пресной воды, и как следствие образуется высокий уровень антропогенного воздействия на окружающую среду. Данные негативные факторы требуют решений по автоматизации и оптимизации процесса орошения сельскохозяйственных угодий.

Для повышения эффективности процесса дождевания и его оптимизации в США, Корею и Китае разрабатываются различные технические средства, которые направлены на автоматизацию данного процесса. В частности акцент ставится на создании роботизированных комплексов полива земель сельскохозяйственного назначения. При этом роботизированным комплексом [3, 4] является совокупность технологического оборудования с роботами, предназначенными для выполнения нескольких технологических операций.

Один из первых роботизированных комплексов, а именно специализированное технологическое оборудование, оснащенное роботами, которые предназначены для управления и контроля процесса орошения и сбора требуемой информации о состоянии почвы, растений и т.д., было предложено использовать в США [5, 6]. В предложенном роботизированном комплексе главным технологическим оборудованием является оросительная система, оснащенная полевым роботом, который имеет возможность перемещаться вдоль транспортной конструкции, установленной на оросительной системе. Полевой робот выполнен в виде манипулятора с функцией сбора информации, согласно выбранной операции на конкретный период времени, и является частью системы управления орошением. Функционирование разработанного роботизированного комплекса [6] при управлении и контроле осуществляется в двух режимах.

Первый режим – оросительная система находится в ожидании. Данный режим создает условия для первоначального сбора, анализа и передачи требуемой информации роботом оператору или компьютеру, а именно результатов измерений влажности почвы на различной глубине, температуры и влажности воздуха,

направления и скорости ветра для более точного моделирования процесса испарения, с помощью световых датчиков и изображения с камер осуществляется оценка вегетативной массы, смыкания крон растений и т.д. Также реализуется с помощью камер оценка степени воздействия воды на почву или, например, урожайность сельскохозяйственных культур. При необходимости робот оснащается устройством для сбора проб почвы или сбора контрольных образцов растений для более глубокого анализа состояния почвы и растений, а также степени повреждения растений вредными организмами. После обработки полученной информации компьютером или оператором с помощью специальных алгоритмов осуществляется постановка задачи или операции роботу, который на основе заданного алгоритма приступает к выполнению поставленных целей.

Второй режим – оросительная система находится в процессе функционирования. В данном режиме главной задачей робота является контроль работы оросительной системы, например, форсунок, давления воды, направления полива, расхода воды на единицу площади и т.д., а также регулировка подмешивания в поливочную воду агрохимикатов. При нештатных ситуациях робот отклоняет или частично приостанавливает процесс дождевания до момента устранения аварийного выхода из строя технологического оборудования. Данный роботизированный комплекс является высокотехнологичным решением. Он дает возможность на порядок снизить трудовые затраты на выполнение полива, повысить оперативность получения информации о текущем состоянии почвы, сельскохозяйственных культур, процессе орошения, своевременно приступить к устранению выявленных отклонений, а также значительно повысить эффективность использования пресной воды и снизить антропогенное влияние на окружающую среду. При этом данный роботизированный комплекс наиболее эффективный при дождевальном орошении полей, на которых сельскохозяйственные культуры непрерывно посеяны по всей территории, и орошение поля рационально осуществлять по всей площади. Следует также отметить, что на плантациях плодово-ягодных деревьев и кустарников с большими габаритами рассмотренный роботизированный комплекс малоэффективен.

Мировая практика ведения сельского хозяйства предусматривает также посадку плодово-ягодных деревьев и кустарников, как на равнинных участках, так и на участках со сложным рельефом, когда расположение растений не имеет установленного порядка, то есть они расположены хаотично с несмежной компоновкой, и имеют высоту, которая усложняет использование рассмотренного роботизированного комплекса [6]. Китайскими [7] и корейскими [8] инженерами были разработаны водосберегающие дождевальные оросительные комплексы, включающие одно или несколько роботообразных устройств, способных автоматически определять положение растений. В основу данных устройств была заложена площадка [7, 8], на которой установлены роботы-манипуляторы и оросительная система. Данные роботизированные комплексы управляются с помощью главного щита управления и щита управления поливом.

Основные особенности функционирования роботизированного комплекса, например, созданного китайскими инженерами [7] и предназначенного для дождевального орошения плодово-ягодных деревьев и кустарников заключаются в следующем. Изначально площадка, на которой установлен робот-манипулятор, монтируется на передвижную платформу, а оросительная система комплекса подключается к центральной системе орошения. Главный щит управления роботизированного комплекса получает всю необходимую информацию о времени полива и требуемом объеме воды, который должен быть израсходован в отношении одного дерева или кустарника. При достижении установленного времени роботизированный комплекс начинает процесс полива, а именно главный щит управления посылает сигнал запуска на щит управления поливом и одновременно запускаются все системы функционирования комплекса. В результате этого робот в виде манипулятора, оснащенного соответствующим оборудованием, начинает поиск растения с помощью датчика дальности, который определяет вертикальное расстояние до земли в режиме реального времени. Если датчик дальности обнаружил дерево или кустарник, то он подает главному щиту управления и щиту управления поливом соответствующий сигнал. На основании сигнала щит управления поливом фиксирует манипулятор в заданном положении, где одновременно с этим главный щит управления передает информацию щиту управления поливом о количественном расходе воды на данное растение. Используя полученную информацию, щит управления поливом запускает насосы, являющиеся частью оросительной системы, которые подают заданный объем воды на сопло, в результате этого осуществляется полив растения, находящегося в зоне видимости робота. После окончания полива робот-манипулятор посредством датчика дальности осуществляет поиск следующего дерева или кустарника, при обнаружении требуемого объекта процедура полива повторяется. Рассмотренный роботизированный комплекс, предложенный китайскими инженерами, реализует задачу автономного поиска объектов полива на заданном участке и самостоятельного выполнения точного полива, без участия человека. При этом практическое применение роботизированного комплекса позволит минимизировать трудовые затраты на выполнение указанного вида работ, и значительно снизить расход пресной воды.

Для оптимизации ведения сельского хозяйства, в том числе и для орошения сельскохозяйственных угодий способом дождевания учеными из ряда стран было предложено использовать искусственный интеллект [9, 10, 11]. Например, австралийским изобретателем была получена роботизированная система на основе искусственного интеллекта для оптимизации орошения [10]. Сущность данного решения заключается в том, чтобы роботов, предназначенных для эксплуатации в сельском хозяйстве, оснащать специализированными устройствами для сбора информации о текущем состоянии почвы, растений и процесса дождевания, с последующей обработкой поступившей информации искусственным интеллектом. Затем искусственный



интеллект на основе полученной информации самостоятельно прорабатывает алгоритмы дальнейших действий, которые приведут к минимизации всех затрат и к повышению урожайности сельскохозяйственных культур.

Рассмотренные роботизированные комплексы, предназначенные для орошения сельскохозяйственных угодий, безусловно, являются высокоэффективным современным решением рационального ведения сельского хозяйства. Не смотря на то, что они разрабатывались, как правило, для таких стран мира, как Япония, Китай, США, Германия и т.д., мировой опыт автоматизации орошения может использоваться и в сельском хозяйстве России. При правильном применении мирового опыта можно будет достигнуть рационального использования ключевых ресурсов, соотношение которых обуславливает эффективное ведение сельского хозяйства.

Одним из направлений совершенствования автоматизированного орошения сельскохозяйственных угодий является контроль образования стока на орошаемом участке. Сток – это часть воды, которая уходит по поверхности (стекает) с орошаемого участка на прилегающие угодья, уносит частицы почвы и агрохимикаты, выход такого стока в водные объекты не желателен, так способствует загрязнению воды водоемов.

### Литература

1. Гребенщикова Н.А., Горбачева Н.А. Гидротехнические мелиорации. Благовещенск: Изд-во Дальневосточного ГАУ, 2019. 156 с.
2. Сельскохозяйственные мелиорации // Под ред. Сухарева И.П. М.: Колос, 1981. 328 с.
3. Промышленная робототехника // Под ред. Ямпольского Л.П. Киев: Техника, 1984. 264 с.
4. Робототехнические системы и комплексы // Под ред. Мачульского И.И. М.: Транспорт, 1999. 446 с.
5. Patent 20070188605 USA, Int. Cl. H04N 7/18. Irrigation remote sensing system / Noel Wayne Anderson, Mark William Stelford, Steven Michael Faivre; applicant and patent holder DEERE & COMPANY. № 11/353,351; filed: 14.02.2006; date application 16.08.2007. 6 p.
6. Patent 20080046130 USA, Int. Cl. G05D 11/00. Agricultural automation system with field robot / Stephen Michael Faivre, Noel Wayne Anderson, Mark William Stelford; applicant and patent holder DEERE & COMPANY. № 11/498,392; filed: 03.08.2006; date application 21.02.2008. 9 p.
7. Patent 211671759 U CN, Int. Cl. A01G 25/02, 25/16. Water-saving irrigation device capable of automatically identifying position of plant / Pan Shijia, Li Haihong, Fang Wentai, Niu Ziu Zijie; applicant and patent holder UNIV NORTHWEST A&F. № 202020201824.6; filed: 24.02.2020; date application 16.10.2020. 9 p.
8. Patent 20190098862 KR, Int. Cl. A01G 25/02, 25/09, 25/16. Agricultural moving sprinkler system including a location detection robot device using an image sensor or wireless identification tag / Rhee Inseok, Kim Beomjoon, Kim Yaeji, Kim Jeewook, Son Jonggu; applicant and patent holder UNIV KOREA IND UNIV COOP FOUND. № 10-2018-0013351; filed: 02.02.2018; date application 23.08.2019. 10 p.
9. Васильев В.В., Папонов Н.Н., Аксенов И.И. Применение беспилотных летательных аппаратов с искусственным интеллектом в агропромышленном комплексе // Теория и практика инновационных технологий в АПК: материалы национальной научно-практической конференции. Секция «Инновационные направления механизации и электрификации сельскохозяйственного производства»; г. Воронеж, 19-21 апреля 2022 г. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2022. Ч. I. С. 54–63.
10. Patent 2021102447 AU, Int. Cl. A01G 25/16, G06Q 50/02, 20/00. An artificial intelligence robotic based system in agriculture for optimization of irrigation / AL-Asadi, Hamid Ali Abed; applicant and patent holder AL ASADI HAMID ALI ABED DR. № 2021102447; filed: 10.05.2021; date application 08.07.2021. 14 p.
11. Афоничев Д.Н., Беляев А.Н., Пиляев С.Н., Зобов С.Ю. Информационные технологии. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2016. 267 с.

УДК 532.559.5

### ОБЗОР ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ И СПОСОБОВ ОРОШЕНИЯ

А.С. Лебедев, аспирант

ФГБОУ ВО ТГТУ

г. Тамбов, Российская Федерация

**Введение.** Орошение (иригация) – это искусственное увлажнение почвы для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. Из 1,5 млрд га возделываемых во всем мире земель около 40% находятся в зоне засушливого климата и орошение способствует удвоению сельскохозяйственной продукции, 15% - в зоне полуаридного климата, где орошение может утроить объем продукции за счет повышения урожайности и расширения посевных площадей. Остальные 45 % расположены в аридной пустынной зоне, где без орошения земледелие невозможно.

Это вселяет надежду на улучшение продовольственной проблемы. Расчеты ФАО показывают, что орошаемая площадь в мире может быть увеличена в 2...3 раза. Орошаемое земледелие, занимая чуть более 16 % всех обрабатываемых в мире земель, дает две трети мирового урожая риса, значительную часть хлопка, овощей, кормов и др. Охватывая все климатические зоны мира, диапазоны рельефа по высотам, используя для полива от дождевых до морских вод, орошение является важным преобразующим средством воздействия человека на экологические условия планеты.

По условию ведения сельского хозяйства Россия относится к странам с пониженной биологической продуктивностью. Вся западная Европа, кроме Норвегии и Финляндии, превосходит по биологической продуктивности. В полупустынной зоне России интенсивное ведение сельского хозяйства невозможно без орошения. Благодаря орошению засушливые районы стали цветущими оазисами, снабжая нашу страну хлопком, рисом, фруктами и другими культурами.

Степная зона отличается недостаточным количеством осадков и сильной изменчивостью их во времени; поэтому урожаи сельскохозяйственных культур сильно колеблются. Орошение, дополняя естественные осадки, позволяет получать ежегодно высокие урожаи зерновых, технических и кормовых культур, овощей, в 3...5 раз выше, чем на неорошаемых.

#### **Основная часть.**

#### **1. Системы и технологии орошения.**

##### **1.1 Виды и способы орошения.**

Дождевание— это способ полива, при котором вода распределяется над поверхностью поля специальными машинами, установками или агрегатами в виде дождя. Особенности дождевания: увлажняется почва, растения и приземный слой воздуха; глубина увлажнения почвы меньше, чем при поверхностном поливе; возможны частые поливы малыми нормами, что создает равномерное увлажнение почвы.

Мелкодисперсное (аэрозольное) увлажнение — новый способ орошения, сущность которого состоит в распылении поливной воды в виде мельчайших капелек (аэрозолей), покрывающих растения. Его особенности: снижение транспирации влаги растениями; создание оптимального микроклимата вокруг растений; устранение влияния атмосферной засухи; сохранение структуры почвы.

Внутрипочвенное орошение осуществляется путем введения воды в пахотный слой почвы. Оно уменьшает испарение с поверхности почвы; сохраняет структуру почвы; поддерживает определенную глубину увлажнения почвы; обеспечивает непрерывное водоснабжение растений.

Подземное орошение (субиригация) представляет собой увлажнение активного слоя почвы путем искусственного подъема и поддержания уровня пресных грунтовых вод. Его особенностями являются: возможность использования только при безуклонном рельефе; воздействие ограничивается только почвенно-грунтовым слоем; не оказывает влияния на микроклимат поля; используется только на незасоленных с хорошими капиллярными свойствами почвогрунтах.

##### **2. Оросительные системы.**

Оросительная система (ОС) – гидромелиоративная техническая система для орошения земель.

Основная техническая цель оросительной системы состоит в том, чтобы забрать воду из источника орошения и доставить ее к орошаемому массиву в нужные сроки и в нужных количествах и распределить между отдельными хозяйствами и полями севооборотов, создать на полях нужную для растений влажность почвы.

Оросительные системы должны обеспечивать: регулирование водного и воздушного режимов почвы в соответствии с потребностями выращиваемых культур; высокую производительность труда на поливе, экономное использование поливной воды, энергии и ресурсов; возможность широкой механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства; полное полезное использование земельной территории; высокую надежность и удобство эксплуатации с применением автоматизации и телеуправления; минимум приведенных затрат на строительство и эксплуатацию системы; санитарно-гигиенические требования.

Состав элементов оросительной системы, их расположение, конструкция сети зависят от природно-хозяйственных условий территории орошения, характеристики источника орошения, площади орошения и ее конфигурации и может изменяться в каждом конкретном случае.

Следовательно, оросительная система регулярного орошения представляет собой комплекс из орошаемых земель, источника орошения и разных сооружений на них для коренного улучшения неблагоприятных природных условий и повышения плодородия почв с целью получения высоких урожаев с наиболее эффективным использованием земельных и водных ресурсов, без отрицательного воздействия на окружающие земли. Оросительную систему можно рассматривать с агропроизводственной точки зрения как часть сельскохозяйственного комплекса для искусственного увлажнения полей с целью получения высоких урожаев.

##### **2.2 Состав оросительной системы.**

Основные элементы оросительной системы:

1. Водоем - должен обеспечивать оросительную систему водой приемлемого качества и в требуемом количестве.

2. Водозаборное сооружение - служит для регулирования забора воды в оросительную систему.

3. Оросительная сеть - располагают в плане, увязывая с рельефом местности, полями севооборота, почвенно-мелиоративными условиями, с инженерными коммуникациями и др. Площади полей севооборота должны быть равновелики. Размеры полей увязываются с техническими характеристиками дождевальными машин и агрегатов.

4. Дорожная сеть на ОС - должна связывать поля севооборотного участка и обеспечивать проезд обслуживающему персоналу к дождевальной технике

5. Лесные полосы - снижают скорость ветра, улучшают микроклимат, гидрологический и солевой режимы, предотвращают биологическим дренажом подтопление и вторичное засоление, защищают гидротехнические

сооружения от заиления, увеличивают относительную влажность воздуха, уменьшают испарение с водной поверхности.

### 3. Конструкция оросительных систем

Конструкция оросительной системы зависит от природных условий района и задач увлажнения сельскохозяйственных культур.

В засушливой зоне и зоне недостаточного увлажнения орошаются все возделываемые культуры за исключением сравнительно небольших богарных участков. Здесь оросительные системы стационарного типа имеют большую площадь, современную оросительную сеть, коллекторно-дренажная сеть обязательна. Такие системы обслуживают несколько хозяйств, обеспечивая получение высоких и гарантированных урожаев различных сельскохозяйственных культур.

В зоне неустойчивого увлажнения оросительные системы имеют ряд особенностей. Здесь орошение является дополнением к естественным осадкам. Орошаются отдельные участки, которые составляют лишь некоторую часть посевной площади, оросительная и дренажная сети характеризуются большой разветвленностью и значительной протяженностью холостой части. Чаще всего здесь сооружают оросительные системы полустационарного, а иногда и передвижного типа.

Выбор конструкции системы во многом зависит от рельефа местности. При сложном рельефе обычно проектируют трубчатые оросительные системы с закрытой коллекторно-дренажной сетью. Большие уклоны обуславливают необходимость применения мероприятий против размыва каналов (быстротоки, перепады, крепление русел).

Конструкция оросительной системы зависит и от источника орошения, его расположения по отношению к орошаемой площади. Тип водоисточника определяет конструкцию водозаборного сооружения, протяженность магистрального канала, необходимость в отстойнике. Для повышения водообеспеченности оросительной системы создают регулирующие водохранилища.

В состав оросительных систем необходимо включать рыбозащитные и рыбопропускные сооружения: сетки с рыбоотводами, рыбоходы, рыбоподъемники, рыбопропускные шлюзы.

На современном этапе особое внимание уделяют рациональному использованию природных ресурсов. Местоположение, границу и конструкцию оросительной системы определяют с учетом полного использования территории под орошение и ориентации хозяйств, их количества, размеров севооборотных участков. Современные оросительные системы должны обеспечивать применение наиболее прогрессивных высокопроизводительных способов и техники полива.

#### 3.1 Насосные станции.

Насосные станции могут быть стационарными, плавучими и передвижными.

Стационарные насосные станции оборудуют центробежными и осевыми насосами. Для привода насосов в действие используют электрические двигатели, реже – внутреннего сгорания.

Плавучие насосные станции применяют в тех случаях, когда строительство стационарных технически трудно осуществимо или экономически нецелесообразно: при больших колебаниях уровня воды (более 5 м) в водоисточнике, неустойчивых берегах, подверженных размыву, и др. Они представляют собой плавучий корпус из металла или железобетона, внутри которого установлены насосы, двигатели, всасывающие и напорные коммуникации и различное вспомогательное оборудование. Вода поступает на берег по соединительным трубопроводам.

Для орошения небольших участков используют передвижные насосные станции. Их монтируют на рамах и прицепах, имеющих колеса или полозья. Привод насосов – от вала отбора мощности трактора, на который навешивается насосная станция, или от дизельных и электрических двигателей, смонтированных вместе с насосами.

#### 3.2. Оросительная сеть.

Оросительная сеть – система оросительных каналов или трубопроводов, предназначенная для транспортирования оросительной воды от источника орошения к орошаемому массиву, распределения ее между отдельными хозяйствами и подачи на поливные участки.

Оросительная сеть состоит из следующих основных элементов: магистральный канал или трубопровод, их ветви, закрытые или открытые межхозяйственные, внутрихозяйственные и участковые распределители различных порядков. В отдельных случаях оросительная сеть может не иметь некоторых элементов, например, выводной борозды.

Оросительную сеть по выполняемым функциям делят на проводящую и регулирующую.

Проводящая сеть транспортирует воду от источника орошения к орошаемой территории и включает крупные постоянные магистральные каналы или трубопроводы. Чтобы канал или трубопровод мог оросить большую площадь, его выполняют по командным, то есть более высоким, отметкам территории.

К регулирующей сети относятся мелкие временные каналы, поливная сеть (поливные борозды, полосы, чеки, внутрипочвенные увлажнители, которыми поливная вода распределяется по полю) и поливные трубопроводы. Регулирующую сеть можно устраивать из закрытых и открытых быстроразборных трубопроводов.

### 4. Технологии орошения и техника полива в ЦЧР.

#### 4.1 Дождевание сельскохозяйственных культур.

При поливе дождеванием оросительная вода специальными дождевальными устройствами разбрызгивается под напором в воздух и падает на поверхность почвы и растений в виде искусственного дождя.

В настоящее время дождеванием поливают более 70 % орошаемых площадей. Преимущества этого способа орошения – высокий уровень механизации и автоматизации процесса полива; возможность проведения поливов на полях со сложным микрорельефом.

Устройства для полива дождеванием подразделяют на дождевальные машины, дождевальные установки и дождевальные агрегаты.

Дождевальные машины имеют самоходные опоры и могут передвигаться по полю под действием механической, электрической энергии или энергии воды в напорных трубопроводах.

Дождевальные установки не имеют самоходных опор, их перемещают по полю вручную или с помощью средств механизации.

Для образования капель дождя машины и установки оборудуют специальными дождевальными насадками и аппаратами.

Дождевание по сравнению с другими способами полива обладает следующими основными преимуществами: полив механизирован, затраты ручного труда сведены к минимуму; структура почвы при соответствующем качестве дождя не нарушается; поливная норма более точно регулируется в соответствии с периодами развития растений и мелиоративным состоянием земель; увлажняется не только почва, но и растения и приземный слой воздуха, что благоприятно сказывается на физиологических процессах в растениях; нет необходимости в значительных объемах планировочных работ; возможно внесение вместе с поливной водой удобрений и ядохимикатов; высоки уровень автоматизации процесса полива и коэффициенты земельного использования площади и полезного действия оросительной сети.

Основные недостатки дождевания: необходимо большое количество механической энергии для создания требуемого напора; большая металлоемкость дождевальной техники и ее несовершенство; зависимость качества полива от силы ветра.

Дождевальное оборудование подразделяется на шесть типов:

1. Дождевальные установки. К ним относят: короткоструйные, среднеструйные и дальнеструйные установки с переносными трубопроводами на колесах или полозьях, перемещаемые вручную, с помощью тракторов или специальных двигателей; установки с разборными трубопроводами, перемещаемыми при помощи специальных трубокладчиков; стационарные дождевальные системы с трубопроводами, уложенными в землю; полустационарные дождевальные установки с быстроразъемными трубами, устанавливаемые на орошаемом участке на весь период полива.

2. Дождевальные машины. В эту группу входят машины, в которых механическую или гидравлическую энергию используют для полива и перемещения по орошаемому полю, дальнеструйные тракторные прицепные и навесные машины; двухконсольные дождевальные агрегаты; самоходные многоопорные машины с механическими, гидравлическими и электрическими двигателями.

3. Стационарные насосные станции. В эту группу входят насосные станции, монтируемые постоянно в специальном помещении. Станции оснащены специально оборудованным водозабором с приводом от тепловых или электрических двигателей и стандартным насосным оборудованием.

4. Передвижные насосные станции. Они предназначены для подачи воды в оросительную сеть дождевальных установок и машин или непосредственно в дождевальные установки и машины. К ним относят: навесные и прицепные тракторные насосные станции; насосные станции с собственными двигателями внутреннего сгорания и электродвигателями; плавучие насосные станции с двигателями внутреннего сгорания или электродвигателями.

5. Стационарные трубопроводы, выполняющие роль подводящих и оросительных трубопроводов, их разделяют на трубопроводы из стальных или асбоцементных труб, уложенные ниже пахотного слоя и работающие только в летний период, и трубопроводы, уложенные ниже уровня промерзания, с гидрантами для присоединения дождевальных установок и машин или для присоединения дождевальных аппаратов в условиях стационарных дождевальных систем.

6. Разборные передвижные трубопроводы с быстроразъемными муфтами. Эти трубопроводы подводят воду к дождевальным установкам и машинам или подают воду в каналы, откуда она забирается дождевальными машинами или передвижными насосными станциями для подачи в дождевальные установки.

По способу перемещения широкозахватные дождевальные машины можно разделить на три основные категории:

1. радиальные, дождевальное крыло перемещается по кругу вокруг одной неподвижной опоры;
2. фронтальные, дождевальное крыло расположено перпендикулярно оси движения;
3. продольно-осевые, дождевальное крыло расположено параллельно оси движения.

К машинам с радиальным способом перемещения относятся ДМ «Фрегат», «Кубань ЛК». Такой способ перемещения позволяет проводить полив всей закрепленной площади от одного гидранта. Эти дождевальные машины хорошо поддаются автоматизации, в том числе и при групповом использовании. К основным недостаткам следует отнести следующее:

- необходимость использования монокультур или агрокультур с одинаковым водопотреблением, т.к. движение без полива по участку в серийных машинах не предусмотрено;

- практически не решена проблема орошения углов;
- движение машины происходит во время полива по одному следу, что в конечном итоге приводит к образованию колеи.

Дождевальные машины «Волжанка», «Днепр», ДДА 100МА являются типичными представителями машин с фронтальным способом перемещения. Такой способ позволяет работать на прямоугольных орошаемых площадях, не оставляя участки без полива. Передвижение этих дождевальных машин происходит от автономных двигателей, а следовательно, появляется возможность движения без полива и размещения на орошаемых площадях различных по водопотреблению культур. Необходимость переключения дождевальных машин «Волжанка» и «Днепр» с одного гидранта на другой, после выдачи поливной нормы, снижает их эффективность и требует, как правило, присутствия оператора.

Дождевальные установки продольно-осевого перемещения были названы «дождевальными шлейфами». Результаты научно-исследовательских разработок по дождевальным шлейфам и их применению в сельском хозяйстве привели к отказу от принципа самоходности и переходу на перемещение методом буксировки.

#### 4.2. Капельное орошение.

Капельное орошение - это производственное средство, используемое для точного и равномерного распределения:

- воды,
- удобрений,
- агрохимикатов для защиты растений.

Капельное орошение способно повысить урожайность при минимальной затрате агрохимикатов, что ведёт к более высокой прибыли.

Капельное орошение поливает растения, а не почву. Вода поступает по трубкам (небольшого диаметра) через «особые отверстия» — капельницы. Расход воды на капельных линиях низкий и равномерный.

При капельном способе полива оросительная вода по густо разветвленным трубопроводам через специальные микроводовыпуски (капельницы) подается малыми расходами (каплями) в корнеобитаемую зону растений. Системы капельного орошения могут быть непрерывного и порционного действия.

Достоинства капельного способа полива: локальное увлажнение воды только в зоне размещения корневой системы, сухие междурядья позволяют беспрепятственно проводить механизированные работы, значительная экономия воды, простота эксплуатации.

Недостатки: засоряемость капельниц, высокие капитальные вложения, что делает экономически целесообразным применение систем капельного орошения для полива высокодоходных многолетних насаждений на крутых склонах при дефиците водных ресурсов. При сильной атмосферной засухе (высокая температура и низкая влажность воздуха, особенно во время суховея) даже при относительно высокой влажности почвы физиологические процессы в растениях могут угнетаться вследствие превышения интенсивности транспирации над скоростью поступления воды из почвы через корневую систему растений.

#### 4.3 Внутрипочвенное орошение.

Внутрипочвенный способ полива позволяет вводить оросительную воду с некоторой глубины непосредственно в корнеобитаемый слой. При этом пахотный горизонт увлажняется за счет капиллярных сил и механизма внутрипочвенного испарения-конденсации, а поверхность почвы практически не смачивается. В трубчатых системах внутрипочвенного орошения) вода распределяется по полю посредством трубок-увлажнителей (перфорированных, пористых или с очаговыми увлажнителями), которые располагают через 1...3 м на глубине 0,4...0,6 м (ниже пахотного горизонта).

К внутрипочвенному относится также способ капиллярного увлажнения корнеобитаемого слоя почвы путем регулирования соответствующего уровня грунтовых вод (субиригация). Этот способ применяют на водопроницаемых осушаемых землях при близких грунтовых водах.

#### 4.4. Лиманное орошение.

Лиманное орошение представляет собой один из способов увлажнения почвы путем задержания и использования вод местного стока. Территорию окружают с низовых сторон валами или дамбами, что создает условия для затопления ее весенними тальми водами. После достаточного увлажнения почвы лимана и отложения содержащихся в воде илистых частиц лишняя вода сбрасывается через устроенные в дамбах водовыпуски.

Достоинства лиманного орошения: простота и дешевизна устройства по сравнению с регулярным орошением, доступность источника орошения и возможность орошать повышенные, даже водораздельные площади, большое гидрологическое действие – поглощение поверхностного стока, превращение его в грунтовые водные токи, уменьшение половодья и усиление меженного питания рек, снижение эрозионных процессов, улучшение солевого режима почв.

Недостатки: полив возможен только один раз весной – в период прохождения паводков, по площади лимана почва увлажняется неравномерно (нижняя часть переувлажняется, верхняя – недоувлажняется), площадь затопления по годам резко колеблется, в зависимости от объема паводковых вод.

#### 4.5 Орошение сточными водами.

Сточными называют воды канализационной сети городов и сельских населенных пунктов. Степень их загрязнения зависит от характера производства, вида перерабатываемого сырья на фабриках и заводах, технологического процесса промышленных предприятий.

Сточные воды содержат большое количество яиц гельминтов, патогенных бактерий, микроорганизмов, органических соединений, опасных в санитарном отношении, но в то же время они несут и большое количество азота, калия, фосфора и других питательных веществ, которые можно использовать в качестве удобрений.

Сточные воды очищают на очистных станциях аэрации. Промышленные сточные воды проходят предварительную обработку внутри цехов предприятий, где из воды удаляют взвеси различных токсических веществ, которые отрицательно влияют на очистку. Различают механическую и биологическую очистку сточных вод.

При механической очистке воду пропускают через решетки, песколовки, жироловки и первичные отстойники. Решетки задерживают крупные плавающие предметы (бумага, тряпки и др.). Потом эти предметы измельчают дробилками и спускают в поток очищенной от крупных частиц воды. Механически осветленные сточные воды далее (если в этом есть необходимость) подвергают биологической очистке искусственными (химическими и физикохимическими) и естественными (через почву и воду на полях фильтрации, полях орошения и в биологических прудах) методами.

В последние годы успешно проводят очистку и обеззараживание сточных вод на сельскохозяйственных полях орошения (ЗПО).

**Заключение.** Представленное в докладе многообразие технологий и способов орошения свидетельствует о невозможности создания универсальной единой системы, которая могла бы применяться в любых почвенно-климатических условиях и на любых сельскохозяйственных культурах. Каждая система раскрывает полностью свой потенциал только при правильном применении именно в тех условиях, для которых она разрабатывалась. Поэтому важно разрабатывать рекомендации по правильному подбору той или иной системы для индивидуальных условий.

#### Литература

1. Несмеянов А.С. Дождевальная техника: современное состояние и перспективы развития/ Несмеянов А.С., Белинин И.О., Куликова Е.В.// В сборнике: Молодежный вектор развития аграрной науки Материалы 64-й научной студенческой конференции. Воронежский государственный аграрный университет. 2013. С. 210-212
2. Черемисинов А.А. Интенсификация землепользования в ЦЧЗ/ А.А. Черемисинов, А.Ю. Черемисинов//В сборн.: Современные аспекты землепользования, землеустройства и кадастра: матер.межвузов. науч. – практ. конфер. - Новочеркасск: ООО "Лик", ФГБОУ ВПО НГМА. 2012. - С. 26-28.
3. Черемисинов А.А. Развитие землепользования в ЦЧЗ / А.А. Черемисинов, А.Ю. Черемисинов // В сборн.: Современные аспекты землепользования, землеустройства и кадастра: матер.межвузов. науч. – практ. конфер. - Новочеркасск: ООО "Лик", ФГБОУ ВПО НГМА. 2012. - С. 28-31.
4. Черемисинов А.Ю. Обоснование оптимальных проектных режимов орошения в условиях ЦЧЗ/ А.Ю. Черемисинов, О.П. Семенов, В.Н. Жердев// В сборнике: Повышение эффективности использования водных ресурсов в сельском хозяйстве Тезисы конференции. Всесоюзная академия сельскохозяйственных наук имени Ленина; Северо-Кавказский центр Высшей школы; Новочеркасский ордена "Знак Почета" инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Кортунова; Научно-производственное объединение "Югмелиорация"; Южный государственный проектно-изыскательский и научно-исследовательский ин-т по проектированию водохозяйственного и мелиоративного строительства ЮжГИПРОВОДХОЗ. 1989. С. 227-229.
5. Куликова Е.В. Влияние капельного орошения на водно-физические свойства почвы/ Куликова Е.В. //В сборнике: Развитие аграрного сектора экономики в условиях глобализации материалы международной научно-практической конференции. Воронежский государственный аграрный университет; под общей редакцией В.И. Котарева, Н.И. Бухтырова, А.В. Дедова. 2013. С. 135-139.

УДК 663.5

### **ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ СУХОЙ БАРДЫ (DDGS) НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МАЛОЙ МОЩНОСТИ**

**А.И. Ставцев**, магистрант

ФГБОУ Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)

*г. Москва, Российская Федерация*

Технология применения послеспиртовой барды в сельском хозяйстве нашей страны обозначила себя как неотъемлемая часть глобальной отрасли по производству комбикормов и пищевых добавок для рациона пищи животных. Барда – отходная гуща, которая образуется при получении дистиллята. Этот вторичный сырьевой ресурс после переработки богат протеином, жирами, углеводами и витамином В, что делает его ценным ингредиентом. Главными мировыми поставщиками оборудования для переработки барды являются США, Франция, Германия, Турция и т.д. Однако, современная политическая ситуация, экономические санкции и проблемы логистики требуют комплексного подбора оборудования для технологических операций по переработке барды, учитывая, в первую очередь, доступность на рынке единиц отечественного пищевого

оборудования и технологических устройств смежных пищевых отраслей. Возможный недостаток импортного оборудования на современном рынке заставляет ряд предприятий сельскохозяйственной отрасли прибегнуть к поиску аналогов тех или иных видов автоматических и механических устройств, доступных на рынке и разрешенных законодательством.

Начиная с 1995 г. 171 ФЗ регламентирует, что полученная барда в результате процессов производства этилового спирта должна быть переработана. На основании данного закона многими компаниями был осуществлён подбор оборудования в соответствии с указанными требованиями. В наше время лишь переработанная барда пригодна для производства корма [3].

Принцип современной технологии получения сухой барды DDGS заключается в разделении первоначальной барды на кек и фугат. Лишь в результате ряда технологических этапов и комбинировании продуктов кека и фугата и дальнейшего высушивания образуется продукт DDGS. Данная технология отображена на рисунке 1.

Приказ Росалкогольрегулирования № 400, ссылающийся на 171 ФЗ, определяет перечень оборудования, допустимого для реализации описанной технологии [2]:

- Насосы
- Емкости
- Сушилки
- Оборудование для разделения суспензий
- Оборудование для выпаривания

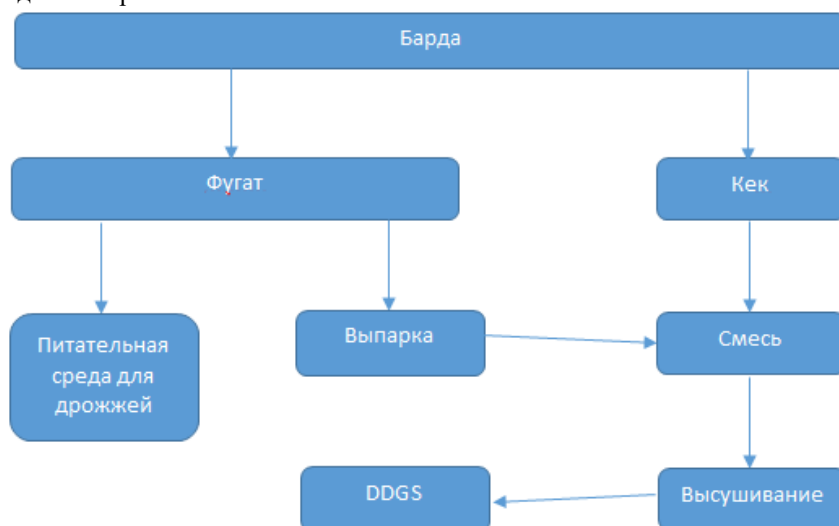


Рисунок 1 - Технология получения DDGS

Важным регрессирующим фактором в отечественной сельскохозяйственной отрасли является отсутствие предприятий и компаний внутри РФ, производящих оборудование для переработки и хранения барды. Поэтому, современный перечень оборудования может включать в себя доступные единицы сохранившейся импортной техники на действующих предприятиях и оставшихся внутри рынка элементов запчастей и поддержанных устройств. Несмотря на сложившуюся, пагубно влияющую на бизнес и сельскохозяйственную индустрию ситуацию, перечень оборудования терпит постепенные изменения в связи с трудностью покупки и обслуживания импортной техники, ввиду этого под регламент приказа подобрано оборудование, присутствующее на рынке: шнековый сепаратор; насосы; флотатор; емкости; сепараторы; бункер-ворошитель; блок охлаждения с просевом; сушильный барабан.

Указанный выше перечень оборудования может быть модернизирован или изменён за счёт полного или частичного замещения определённых устройств на аналоги, взятые из алкогольной, мукомольной и комбикормовой промышленности. Данный опыт был впервые исследован при внедрении шнекового сепаратора вместо стандартного декантера на этапах отжима жидкой части барды.

Таблица 1 - Расчёт стоимости оборудования

Оборудование	Кол-во, шт	Стоимость на территории РФ, руб.
Флотатор	1	5 000 000
Сепаратор	2	2 000 000-2 500 000
Сушильный барабан	2	3 500 000-4 000 000
Насосы	6	85 000-140 000
Бункер-ворошитель	1	495 000-1 000 000
Блок охлаждения	1	490 000-1 000 000
Емкости	3	800 000-1 400 000
Вакуум-выпарная установка	1	5 000 000-30 000 000

В зависимости от объёма оборудования и технических характеристик составлен расчёт стоимости основного оборудования для технологических предприятий малой мощности (менее 100-350 тонн в сутки), представленный на Таблице 1. Подбор оборудования под малую мощность актуализируется невысокими объёмами производства со времен Covid-19 и возможной кооперацией сельскохозяйственного производства и пищевого производства. Максимальная стоимость общего комплекта оборудования составляет 55 040 000 руб. Ссылаясь на данные российско-белорусских исследований в области сельского хозяйства, закупка заводского оборудования, специализированного для конкретных целей по переработке барды из Белоруссии и стран ближнего зарубежья оценивается в 100-150 млн. руб. для крупного и 60-85 млн. руб. для среднего и малого предприятия [4].

**Закключение.** Учитывая доступность на российском рынке оборудования алкогольной, мукомольной и комбикормовой промышленности, можно сделать вывод, что потенциальное применение данных видов техники, имеющих аналогичные технические характеристики с западными устройствами, позволяет извлечь выгоду для производителей DDGS. Об этом говорят более низкая стоимость, многофункциональность в пределах смежных отраслей для сельского хозяйства и возможность обслуживания и ремонта устройства в пределах РФ. В качестве глобальных заключений можно выделить:

1. Организация тесных взаимодействий предприятий пищевых отраслей и сельского хозяйства с целью эффективного противодействия западным санкциям [1].
2. Повышение устойчивого потенциала отрасли производства комбикормов
3. Укрепление экономической эффективности отечественного рынка технологического оборудования.

### Литература

1. Григорьев, М. А. Актуальные вопросы производства комбикормов для сельскохозяйственных животных на базе вторичных сырьевых ресурсов пивоваренного и спиртового производства / М. А. Григорьев, А. И. Ставцев // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства : сборник трудов по материалам международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения доктора биологических наук, профессора, Заслуженного работника Высшей школы РФ, Почётного работника высшего профессионального образования РФ, Почётного профессора Брянской ГСХА, Почётного гражданина Брянской области Егора Павловича Ващекина, Брянск, 24 января 2023 года. – Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2023. – С. 64-69. – EDN ZWNSDD.

2. Порядок «полной переработки барды (основного отхода спиртового производства)», утвержденный приказом Росалкогольрегулирования от 17.12.2020 № 400 // Зарегистрировано в Минюсте России 29.12.2020 N 61909.

3. Федеральный закон от 22.11.1995г. №171-ФЗ «О государственном регулировании производства и оборота этилового спирта, алкогольной и спиртосодержащей продукции и об ограничении потребления (распития) алкогольной продукции» // Собрание законодательства Российской Федерации. 1995г. № 48. Ст. 4553.

4. [https://www.ecostar.by/index.php?option=com\\_content&view=article&id=64:spirtovaya-barda&catid=23&Itemid=45&ysclid=llm9sh6y293302729324](https://www.ecostar.by/index.php?option=com_content&view=article&id=64:spirtovaya-barda&catid=23&Itemid=45&ysclid=llm9sh6y293302729324).

УДК 631.372

### ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ И СОБЛЮДЕНИЯ ПРАВИЛ ДОПУСКА К УПРАВЛЕНИЮ САМОХОДНЫМИ МАШИНАМИ КАТЕГОРИИ «В»

С.Ю. Дрямов, начальник НИЦ «Гостехнадзор»

ФГБНУ «Росинформагротех»

*п. Правдинский Московской обл., Российская Федерация*

Самоходными машинами категории «В» являются гусеничные и колесные машины, которые могут быть с дизельным, бензиновым или электрическим двигателем мощностью до 25,7 кВт. Под эту категорию попадают в основном мини-тракторы, мини-экскаваторы и большинство электропогрузчиков.

Мини-трактор – полезный агрегат, который может пригодиться как на большом сельскохозяйственном производстве, так и на приусадебном участке, для осуществления как сельскохозяйственной деятельности, так и для очистки территории, для земляных работ, для транспортировки грузов.

Мини-экскаватор - еще одна полезная машина. Это экскаватор маленький и легче транспортируется, если необходимо переместить его в другое место. Компактная конструкция этой машины делает ее идеальной для большинства работ, где большой погрузчик - экскаватор будет испытывать трудности. Данный небольшой экскаватор имеет множество приспособлений, которые будут легко прикрепляться и упрощать любую работу.

Электропогрузчик - компактное универсальное устройство для сельского хозяйства, промышленности, торговли и строительных площадок.

В сельском хозяйстве в условиях рыночных отношений использование технических средств, комплексной механизации является базовой основой ресурсосбережения и конкурентоспособности производимой продукции.



Управление самоходной машиной лицом, не имеющим при себе документа, подтверждающего наличие у него права на управление самоходными машинами, запрещается.

Для того, чтобы на законных основаниях управлять мини-тракторами, мини-экскаваторами, электропогрузчиками и подобными машинами, необходимо пройти обучение на категорию «В».

Обучение на право управления самоходными машинами проводят только учебные заведения, имеющие соответствующую лицензию. Для получения удостоверения тракториста-машиниста категорий АI, АII, АIII, АIV, В, С, D, E, F нужно пройти обучение на управление тракторами или иной самоходной машиной.

Удостоверение тракториста-машиниста (тракториста) выдается после сдачи в государственной инспекции гостехнадзора экзаменов на право управления самоходными машинами.

Теоретический экзамен принимается по экзаменационным билетам, утвержденным Министерством сельского хозяйства Российской Федерации, путем опроса или при помощи экзаменационных аппаратов или персональных электронно-вычислительных машин.

Для формирования единых требований при проверке учебными заведениями у обучающихся знаний, умений и навыков в формировании компетенции для выполнения трудовой деятельности и выполнения трудовых функций по эксплуатации самоходной машины категории «В» разработаны Экзаменационные билеты для приема теоретического экзамена по безопасной эксплуатации самоходных машин категории «В».

Экзаменационные билеты используются при приеме теоретического экзамена по безопасной эксплуатации самоходных колесных и гусеничных машин с двигателем мощностью до 25,7 кВт, а также машин с электроприводом мощностью 4 кВт и выше.

Особенностью экзаменационных билетов является их содержание, удачно интегрирующее в себе вопросы безопасной эксплуатации самоходных машин и основ управления ими; законодательства Российской Федерации в части, касающейся обеспечения безопасности жизни, здоровья людей и имущества, охраны окружающей среды при эксплуатации самоходных машин, а также уголовной, административной и иной ответственности при управлении самоходными машинами; методов оказания доврачебной медицинской помощи лицам, пострадавшим при авариях, несчастных случаях и в дорожно-транспортных происшествиях; Правил дорожного движения Российской Федерации и ответственности за их нарушение.

Разработанные экзаменационные билеты дают возможность экзаменатору объективно оценить уровень усвоения обучающимся теоретического материала. Перечень вопросов в экзаменационных билетах в сумме охватывает основной материал учебной программы, предусматривающий необходимый объем знаний, позволяющий грамотно управлять самоходной машиной, и обязательный для получения права на управление самоходным транспортным средством. Формулировки вопросов в билете совпадают с формулировками утвержденного перечня вопросов, выносимых на теоретический экзамен. Содержание вопросов каждого билета относится к различным разделам программы с тем, чтобы возможно более полно охватить материал, касающийся технических и правовых вопросов эксплуатации самоходных машин и основ управления ими, методов оказания доврачебной медицинской помощи лицам, пострадавшим при авариях, несчастных случаях и в дорожно-транспортных происшествиях. В зависимости от результата теста кандидат направляется на практический экзамен либо передачу.

Таким образом, разработанные «Экзаменационные билеты для приема теоретического экзамена по безопасной эксплуатации самоходных машин категории «В»» являются необходимым инструментом в целях реализации и соблюдения Правил допуска к управлению самоходными машинами и выдачи удостоверений тракториста-машиниста (тракториста), утвержденных Постановлением Правительства РФ от 12.07.1999 № 796.

### Литература

1. Постановление Правительства РФ от 23.09.2020 № 1540 «Об утверждении Правил осуществления регионального государственного надзора в области технического состояния и эксплуатации самоходных машин и других видов техники, аттракционов и внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.pravo.gov.ru> (дата обращения: 16.03.2023).

2. Постановление Правительства Российской Федерации от 12.07.1999 № 796 «Об утверждении Правил допуска к управлению самоходными машинами и выдачи удостоверений тракториста-машиниста (тракториста)». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.pravo.gov.ru> (дата обращения: 17.03.2023).

3. Приказ Минсельхозпрода России от 29.11.1999 № 807 «Об утверждении Инструкции о порядке применения Правил допуска к управлению самоходными машинами и выдачи удостоверений тракториста-машиниста (тракториста)» (зарегистрировано в Минюсте России 07.02.2000 № 2086). [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.pravo.gov.ru> (дата обращения: 16.03.2023).

5. Решение Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 № 877 «О принятии технического регламента Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств» (вместе с «ТР ТС 018/2011. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности колесных транспортных средств»). [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.pravo.gov.ru> (дата обращения: 18.03.2023).

6. Передовой опыт и направления повышения эффективности работы органов гостехнадзора. Сборник/ Дрямов С.Ю., Жигалина Т.В., Семерня А.Н., Лопарева Е.В./ М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021.100 с.

7. Экзаменационные билеты для приема теоритического экзамена по безопасной эксплуатации самоходных машин категории «А II». – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. – 100 с.

УДК 631.363

## ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ СУХИХ РАССЫПНЫХ КОМБИКОРМОВ В УСЛОВИЯХ НЕБОЛЬШИХ ХОЗЯЙСТВ

С.М. <sup>1</sup>Ведищев, д.т.н., профессор, А.И. <sup>123</sup>Завражнов, д.т.н., профессор, академик РАН,

А.В. <sup>1</sup>Прохоров, к.т.н., доцент, Е.Б. <sup>12</sup>Ложкина, аспирант, А.Ю. <sup>1</sup>Глазков, аспирант

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО ТГТУ, <sup>2</sup>ФГБНУ ВНИИТиН

г. Тамбов, Российская Федерация

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО МичГАУ

г. Мичуринск, Российская Федерация

**Введение.** При производстве комбикормов на крупных специализированных заводах существенную долю затрат составляют транспортные расходы на перевозку сырья и готового продукта. Следствием этого является все большая концентрация производства комбикормов на внутрихозяйственных предприятиях.

Различия в рационах кормления различных возрастных групп животных требуют частой и оперативной перестройки технологического оборудования на производство корма.

Для эффективного использования имеющегося сырья на внутрихозяйственных предприятиях (зерно злаковых и масличных культур, белковые компоненты, минеральные компоненты) необходимо балансировать его обогащающими добавками. Нередко в хозяйстве возникает необходимость применения в кормах лекарственных препаратов.

В условиях внутрихозяйственного предприятия на комбикорма в соответствии с зоотехническими требованиями влияет возможность оперативного контроля качества за ходом технологических операций и возможность внесения необходимых корректив в работу технологического оборудования на стадии приготовления корма.

Важным фактором, определяющим себестоимость приготавливаемого корма, является использование оборудования, удовлетворяющего требованиям ресурсосбережения при обеспечении требуемого качества продукции. В фермерских хозяйствах комбикорма производят по упрощенной технологической схеме: очистка зернового сырья от посторонних примесей; измельчение; дозирование отдельных компонентов в соответствии с выбранным рецептом; смешивание; хранение.

**Основная часть.** Созданием комбикормовых производств занимались специалисты многих учебных и научно-исследовательских институтов. В этих исследованиях ведущая роль принадлежит работам таких институтов, как ВИЭСХ, ВНИИМЖ, ВНИПТИМЭСХ, ФАНЦ Северо-Востока, АНЦ «Донской», Донской ГАУ и др. Ими были разработаны технологические схемы, агрегаты, предусматривающие поточность производства, минимальную продолжительность технологического цикла, комплексную механизацию и автоматизацию процессов, современный контроль качества на основных участках производства (прием сырья, измельчение, дозирование, смешивание и др.), учет сырья и продукции, эффективное использование технологического, энергетического и другого оборудования, оперативное управление, защита окружающей среды, благоприятные условия труда, соответствие противопожарным требованиям [1, 2, 3].

В настоящее время комбикормовая промышленность развивается по двум направлениям: 1) наращивание мощностей крупных комбикормовых предприятий; 2) разработка и совершенствование малогабаритных установок для приготовления комбикормов в условиях хозяйств из местного сырья с использованием покупных добавок [4]. Второе направление наиболее актуально и перспективно. При этом лучше сохраняются питательные свойства местного фуражного сырья и повышается качество производимых комбикормов, сокращаются объемы перевалочных внутрискладских операций, а также продолжительность хранения готовой продукции [5].

По назначению комбикормовые предприятия классифицируются (рисунок 1): по назначению - на локальные (для отдельных хозяйств) и межхозяйственные; по производительности - на комплексные и специализированные [1, 2, 3].

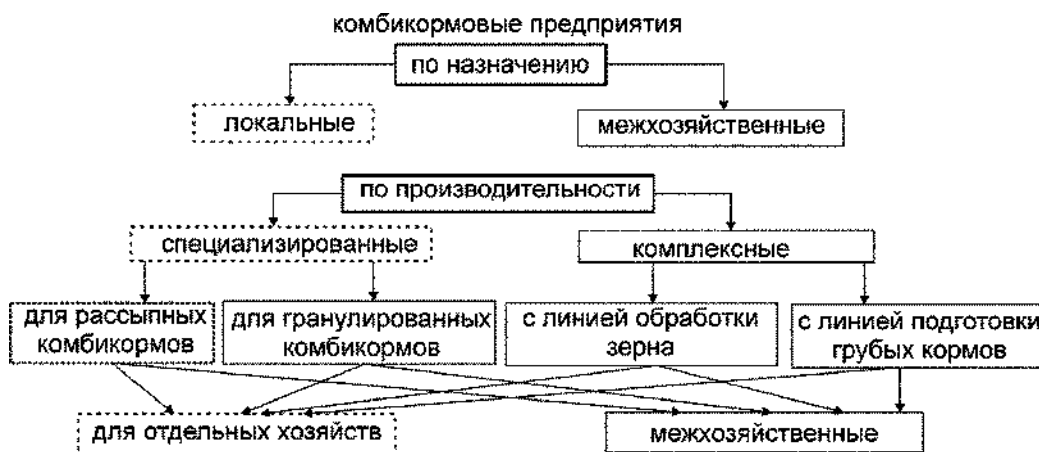


Рисунок 1 – Схема классификации комбикормовых предприятий

Комплексные комбикормовые предприятия предназначены для производства [1, 2, 3]:

- комбикормов-концентратов в рассыпном и гранулированном видах с линией послеуборочной обработки и хранения фуражного зерна производительностью от 2,0 до 4,0 т/ч – для отдельных хозяйств и от 2,0 до 16,0 т/ч - для межхозяйственных предприятий;

- брикетированных и гранулированных комбикормов-концентратов и подготовки грубых кормов производительностью от 1,5 до 9,0 т/ч.

Специализированные комбикормовые предприятия, предназначенные для производства:

- полнорационных комбикормов и комбикормов-концентратов в рассыпном и гранулированном видах производительностью от 0,5 до 4,0 т/ч – для отдельных хозяйств и от 2,0 до 12,0 т/ч - для межхозяйственных предприятий;

- брикетированных и гранулированных кормов производительностью от 1,5 до 6,0 т/ч - для локальных и межхозяйственных предприятий.

Приготовление сухой рассыпной кормосмеси непосредственно в хозяйствах включает две (дозирование + смешивание) или три (дозирование + измельчение + смешивание) операции.

Высокое качество комбикормов получают по одному из следующих вариантов организации технологического процесса [6]:

- каждый вид сырья готовится отдельно и дозируется на заключительном этапе (одноэтапное измельчение – одноэтапное дозирование);

- смесь компонентов предварительно формируется с последующим двухэтапным дозированием;

- совместная переработка сырья, включающая измельчение, подготовку остальных компонентов с одноэтапным дозированием (многокомпонентное измельчение – одноэтапное дозирование);

- дозирование всех видов сырья и их совместной переработкой (одноэтапное дозирование – многокомпонентное измельчение).

Предусмотрены следующие технологические линии: подготовка зернового сырья; шелушения пленчатых культур; подготовка минерального сырья; приготовления обогатительных добавок; подготовки и ввода жидких компонентов; дозирования и смешивания- объемное и весовое дозирование с погрешностью не более 3 %; гранулирования.

На рисунке 2 представлена технологическая схема производства комбикормов. По этой схеме сырье со склада 1 подается в емкость временного хранения 3. При необходимости в шелушительной машине 2 удаляется оболочка, а крупные куски сырья измельчаются в машине 13 [7].

В соответствии с рецептурой зерно, гранулы, измельченные куски (жмых, соль, мел) подаются через магнитный сепаратор 4 в молотковую дробилку 5. С выхода дробилки измельченная масса поступает в ситовой сепаратор 6, где она делится на несколько фракций. Одна из них накапливается в весовом бункере 8. Для остальных фракций необходимо иметь соответствующие бункера-накопители 7 [7].

После измельчения необходимого количества одного вида сырья в молотковую дробилку подается следующее по рецептуре подготовленное сырье. Сход с верхнего решета сепаратора возвращается на доизмельчение. После поступления в бункер необходимого количества измельченного сырья дробилка 5 и сепаратор 6 выключаются, открывается шибер бункера 8, и смесь поступает в смеситель 10. При наполнении в промежуточных емкостях 7 достаточного количества отдельных компонентов смеси их поочередно подают в бункер 8 для дозирования и далее на смешивание и фасовку [7].

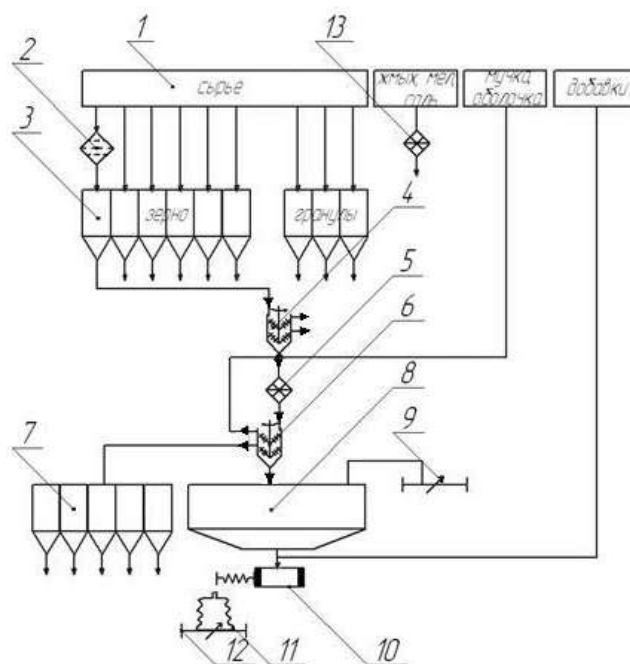


Рисунок 2 – Технологическая схема производства комбикормов:

- 1 – склад; 2 – шелушитель; 3 – накопители подготовленного сырья; 4 – магнитный уловитель; 5 – дробилка; 6 – сепаратор; 7 – бункер-накопитель частиц; 8 – бункер весовой; 9, 12 – весы; 10 – смеситель; 11 – мешок; 13 – измельчитель

Одним из прототипов современных установок «Клад», «Прок», «Доза» можно считать агрегат для приготовления комбикормов АКН-1М. Он предназначен для измельчения сухих зерновых кормов, жмыха, кукурузы в початках, сена, минеральных добавок и приготовления кормовых смесей с заданными рецептурой характеристиками [7].

Агрегат состоит из молотковой дробилки 3, вентилятора 6, двух смесителей 12, шнеков 10 и ворошителей 11, которые через редуктор 9 приводятся в движение от главного привода 7 (рисунок 3).

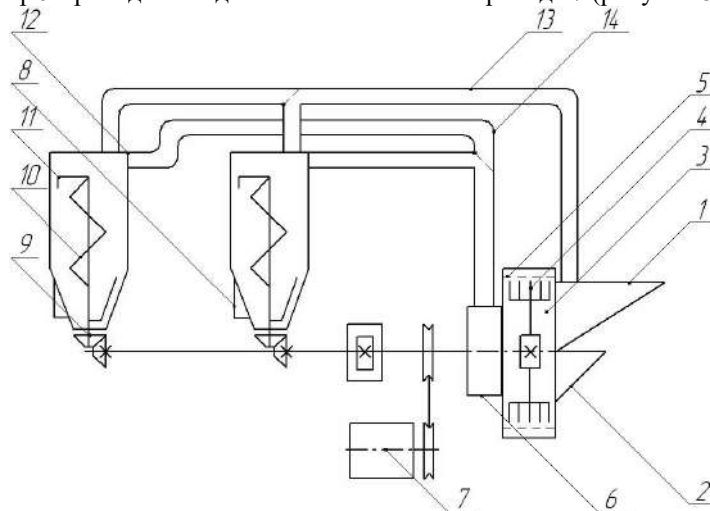


Рисунок 3 – Схема процесса приготовления кормов в агрегате АКН-1М:

- 1 – загрузочный ковш с заслонкой; 2 – ковш для мучнистых кормов; 3 – дробильная камера молотковой дробилки; 4 – ротор с молотками и ножами; 5 – решет; 6 – вентилятор; 7 – электродвигатель; 8 – выгрузной патруб; 9 – редуктор; 10 – шнек; 11 – мешалка; 12 – смеситель; 13 – воздухоотводящий трубопровод; 14 – материалопровод

Каждый из двух смесителей 12 состоит из бункера, вертикального шнека 10 с ворошителем 11, приводимых во вращение через конический редуктор 9. Загрузка смесителей производится по трубопроводу 14 воздушным потоком от вентилятора 6. В верхних крышках смесителей установлены патрубки 13 для отвода воздуха в молотковую дробилку 3. В нижней конической части смесителей 12 установлены выгрузные окна с мешкодержателями 8.

Технологический процесс приготовления комбикормов предусматривает первоначальное взвешивание или объемное дозирование компонентов в соответствии с рецептурой общей массой 350...400 кг (соответствует вместимости смесителя) с последующей подачей смеси в загрузочный ковш. Измельченный до заданных размеров сыпучий материал поступает в полость вентилятора и по материалопроводу подается в один из смесителей. После заполнения одного из смесителей новая порция смеси подается в другой смеситель, а за это время в новом смесителе в течение 5...7 минут масса перемешивается, после чего готовая смесь растаривается по мешкам. Таким образом, пока в одном из смесителей готовится и выгружается смесь, другой смеситель наполняется. Процесс подготовки кормовой смеси на таком агрегате осуществляется практически непрерывно.

Для переработки фуражного зерна и приготовления комбикормов в фермерских хозяйствах и на небольших сельскохозяйственных предприятиях ОАО «ВНИИКОМЖ» разработаны малогабаритные комбикормовые агрегаты МКА-1 производительностью 0,5...1,0 т/ч. В них поочередно измельчаются зерновые компоненты и разрыхляются белково-витаминные добавки [7]. Малогабаритный комбикормовый агрегат МКА-1 состоит из дробилки с пневмосбором, смесителя-накопителя, питателя добавок и пневмотранспортера. Агрегаты МКА-1А укомплектованы дистанционным управлением.

Комбикормовую линию «Лидер» предлагает ООО «Монолит-комплект» (г. Москва) [7]. Она размещена на платформе электронных весов, дополнительно укомплектована устройством световой и звуковой сигнализации. Для очистки нагнетаемого в смеситель воздуха в ней применяются фильтры тонкой и грубой очистки. Электродвигатели защищены от короткого замыкания и перегрузок.

В комплект поставки входят: смеситель, м<sup>3</sup> (т) – 2,3...4,4 (1,0...2,0); молотковая дробилка производительность, кг/ч – 2200; установленная мощность, кВт – 11,0...18,5; весы (электронные или механические); шланг для забора зерна, м – 6...10.

Для снижения износа на молотки дробилки нанесено упрочняющее покрытие. Оригинальная конструкция ротора с лопастями увеличила производительность дробилки, а новая конструкция камнеуловителя с магнитной ловушкой защищает дробилку от повреждений.

Аналогичную конструкцию комбикормовой установки КУ-2 предложил Слободской машиностроительный завод [7].

Изобретатели из Зонального научно-исследовательского института сельского хозяйства Северо-Востока им. Н.В. Руднева также столкнулись с низкой степенью однородности частиц и с необходимостью изменения гранулометрического состава готового продукта, получаемого на описанных установках. В.А. Сыщев, П.А. Савиных и др. (пат. RU № 2275156 С2) для исключения указанных недостатков известных установок в новой малогабаритной комбикормовой установке (рисунок 4) с наружной стороны решета предложили установить регулятор «живого» сечения в виде двух решет – одного неподвижного и второго подвижного, имеющего возможность перемещаться в горизонтальной плоскости дробильной камеры [7].

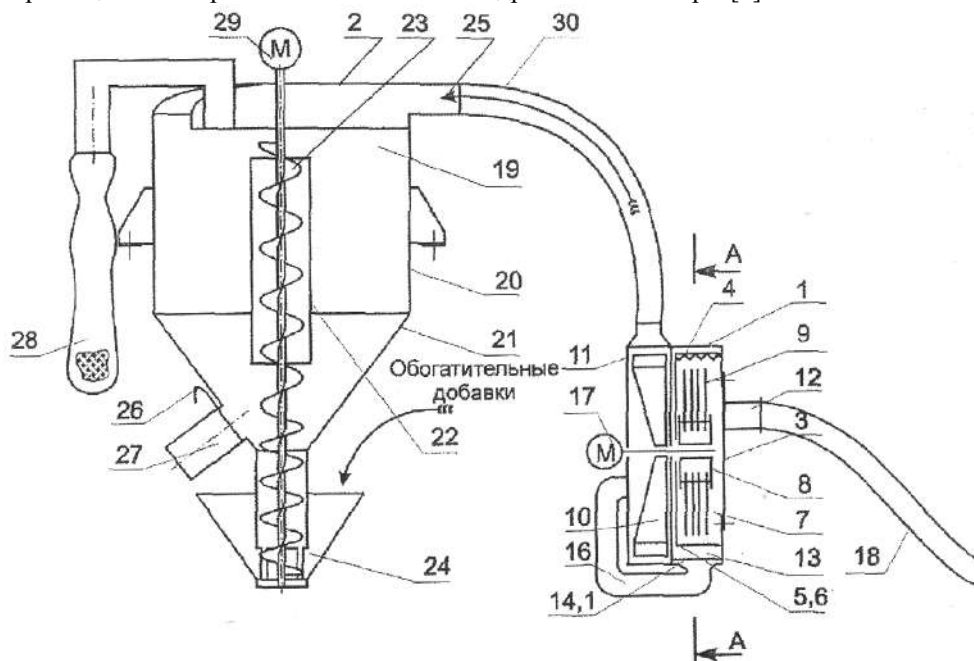


Рисунок 4 – Схема малогабаритной комбикормовой установки по патенту RU № 2275156:

- 1 – дробилка; 2 – смеситель; 3 – крышка дробилки; 4 – деки; 5 – подвижное решето; 6 – неподвижное решето; 7 – дробильная камера; 8 – ротор; 9 – шарнирно подвешенные молотки; 10 – крыльчатка вентилятора; 11 – вентилятор; 12 – загрузочная горловина; 13 – выгрузная горловина; 14, 15 – направляющие; 16 – пневмоканал; 17 – электродвигатель; 18 – шланг загрузки; 19 – камера; 20 – корпус смесителя; 21 – конус; 22 – труба; 23 – шнек; 24 – питатель-дозатор; 25 – вводной патрубок; 26 – задвижка; 27 – патрубок выводной; 28 – фильтр; 29 – привод смесителя; 30 – пневмопровод

При проектировании вновь строящихся и реконструируемых предприятий по производству комбикормов, а также отдельных зданий и сооружений, входящих в их состав следует руководствоваться СП 4.13130.2013, СП 108.13330.2012, СП 112.13330.2012, а также руководствуются следующим основным рядом их часовых производительностей (т/ч):

- специальные – для производства полнорационных комбикормов и комбикормов-концентратов в рассыпном и гранулированном видах:

- А) для отдельных хозяйств (локальные) – 0,5; 1,0; 2,0; 4,0;
- Б) межхозяйственные и межфермерские – 2,0; 4,0; 8,0; 12,0;

- комплексные – для производства полнорационных комбикормов-концентратов в рассыпном и гранулированном видах с линией послеуборочной обработки и хранения фуражного зерна:

- А) для отдельных хозяйств (локальные) – 2,0; 4,0;
- Б) межхозяйственные и межфермерские – 2,0; 4,0; 8,0; 12,0; 16,0.

Установка для производства комбикормов (УК-2) предназначена для приготовления в условиях хозяйств рассыпных комбикормов из собственного зерна и покупных белково-витаминных и минеральных добавок. Имеет весоизмерительный механизм, осуществляет измельчение и смешивание кормовых материалов. Обслуживается одним человеком [8].

Имеющиеся в хозяйствах помещения зачастую не соответствуют санитарным требованиям и нормам безопасности, а строительство новых зданий требует времени и значительных финансовых затрат. Поэтому рациональной является компоновка модулей в контейнерах, размеры которых позволяют транспортировать их автотранспортом. Это позволит осуществлять все работы по сборке, комплектованию и наладке оборудования на предприятии-изготовителе.

Блочно-модульное формирование структуры комбикормовых цехов обеспечивает возможность её адаптивной трансформации к индивидуальным особенностям сельхозпроизводителя [9].

Это блоки измельчения, смешивания, весового дозирования, хранения и выдачи готового корма, образующие основной модуль. Дополнительно в состав предприятия могут включаться блоки ввода жидких добавок и обеззараживания, СВЧ-обработки, экспандирования и гранулирования, образующие дополнительные модули. Одним из примеров является разработанная в ГНУ СКНИИ-МЭСХ внутривозвратная технологическая линия производства комбикормов [9]. Техническая характеристика внутривозвратной технологической линии приготовления комбикормов: производительность - 1 т/ч; установленная мощность - 15 кВт; однородность внесения компонентов - 95 %; доза внесения жидких добавок – 3...6 %; энергоёмкость процесса - 12,1 кВт·ч/т.

Применение мобильного комбикормового агрегата позволяет исключить капиталовложения в стационарный комбикормовый цех, что сокращает затраты на организацию комбикормового производства в хозяйстве в 3,5-4,0 раза.

Во всех рассмотренных технологических схемах одной из основных операций процесса приготовления качественных полнорационных кормосмесей является смешивание компонентов. Результирующим параметром, определяющим на заключительном этапе качество готового корма, является однородность кормосмеси, которая должна составлять не менее 90-95 % [2, 10 - 15].

Проведенный анализ конструкций малогабаритных комбикормовых агрегатов и их классификация свидетельствуют о большом разнообразии конструкций, а также о том, что рабочий процесс, в силу своей сложности, недостаточно изучен и требует дальнейших исследований.

**Заключение.** Для эффективного использования имеющегося сырья на внутривозвратных предприятиях необходимо балансировать его обогащающими добавками.

Применяемое оборудование должно удовлетворять требованиям ресурсосбережения при обеспечении требуемого качества продукции (однородность не менее 90 – 95 %).

В комбикормовой промышленности одним из перспективных направлений является разработка и совершенствование малогабаритных установок для приготовления комбикормов в условиях хозяйств из местного сырья с использованием покупных добавок.

По назначению комбикормовые предприятия классифицируются: по назначению - на локальные и межхозяйственные; по производительности - на комплексные и специализированные.

Высокое качество комбикормов получают по следующему варианту организации технологического процесса: каждый вид сырья готовится отдельно и дозируется на заключительном этапе; смесь компонентов предварительно формируется с последующим двухэтапным дозированием; совместная переработка сырья; дозирование всех видов сырья и их совместной переработкой.

### Литература

1. Мишуров, Н.П. Технологии и оборудование для производства комбикормов в хозяйствах: Справочник / Н.П. Мишуров. - М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2012. - 204 с.
2. НТП-АПК 1.10.16.002-03. Нормы технологического проектирования сельскохозяйственных предприятий по производству комбикормов. - Введ. 01.01.2004. - М.: Издательство стандартов, 2004. - 82 с.
3. Прогнозно-аналитическое сопровождение инновационного развитие в сфере сельского хозяйства: сб. / Под. общ. ред. В.Ф. Федоренко. - М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 504 с.

4. Комбикорма // ООО "ТрейдЮнитэ" [Электронный ресурс]. URL: [https://asktel.ru/voronezh/kombikorma\\_kormovye\\_dobavki/trejdynite/](https://asktel.ru/voronezh/kombikorma_kormovye_dobavki/trejdynite/)
5. Савиных, П. А. Результаты экспериментальных исследований процесса смешивания в горизонтальном ленточном смесителе / П. А. Савиных, Н. В. Турубанов, Д. А. Зырянов // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 7. С. 32-36.
6. Правила организации и внедрения технологических процессов производства продукции комбикормовой промышленности. - Воронеж: ВНИИ КП, 1997. - 256 с.
7. Производство комбикормов в условиях личных подсобных и фермерских хозяйств: монография / И.Н. Краснов, В.М. Филин, А.Н. Глобин, Е.А. Ладыгин. – зерноград: ФГБОУ ВПО АЧГАА, 2014. – 228 с.
8. Золотарев, С.М. Проектирование мукомольных, крупяных и комбикормовых заводов / С.М. Золотарев. - 3-с изд., перераб. и доп.-М.: Колос, 1976. – 286 с.
9. Иноземцева, Л.В. Совершенствования технологического процесса и обоснования параметров увлажнителя концентрированных кормов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Иноземцева Любовь Валерьевна. - Саратов, 2000. – 24 с.
10. Ведищев, С.М. Совершенствование технологий и технических средств приготовления и раздачи кормосмесей в сельскохозяйственных свиноводческих организациях. дис. ... докт. техн. наук: 05.20.01 / Ведищев Сергей Михайлович. – Тамбов, 2018 – 381 с.
11. М. 29.055–87. Типовая методика определения качества смешивания кормов. – Введ. 30.09.1987. – Дослідницькое: Ротапринт ВНИИМОЖ, 1987. – 36 с.
12. Федоренко, В.Ф. Повышение ресурсоэнергоэффективности агропромышленного комплекса: науч. изд. [текст] / В.Ф. Федоренко. - М.; ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. - 284с.
13. Ведищев, С.М. Определение рационального количества витков шнекового смесителя с активным каналом обратного хода / С.М. Ведищев, А.И. Завражнов, А.В. Прохоров, А.А. Кажияхметова // Наука в центральной России. 2022. - №3(57). - С.14-23.
14. Ведищев, С.М. Обзор и анализ конструкций смесительных устройств / С.М. Ведищев, А.И. Завражнов, А.В. Прохоров, Е.Б. Ложкина // Наука в центральной России. - 2022. -№4(58). - С.91-101.
15. Хольшев, Н.В. Совершенствование технологического процесса приготовления сухих рассыпных кормосмесей шнеколопастным смесителем: диссертация ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Хольшев Николай Васильевич. - Тамбов, 2015. - 209 с.

УДК 636.087.7

## ОТРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ ИЗ СЕМЯН РАСТОРОПШИ

Г.М. Шулаев, к.с.-х.н., Р.К. Милушев, д.с.-х.н, В.И. Доровских, к.т.н., В.С. Жариков, м.н.с.

ФГБНУ ВНИИТиН

г. Тамбов, Российская Федерация

**Введение.** В технологических процессах, обеспечивающих производство молочной продукции, животное является главным элементом, который выступает одновременно в качестве и предмета труда, и средства труда в машинной технологии, которая должна в наивысшей мере удовлетворять функциям живого организма. Особенно актуально это положение при использовании роботизированных систем доения [7,12]. В этом случае возрастают требования к полноценности кормления. Его оптимизация с использованием различных кормовых добавок является перспективным направлением исследований и востребована практикой [4,5]. Такие добавки способствуют восстановлению микрофлоры рубца и функции печени, положительно влияя на здоровье и продуктивность коров [9,13]. Особый интерес представляют, как наиболее безопасные и экологичные, источники биологически активных веществ природного происхождения [11]. Одними из них являются семена расторопши пятнистой. Расторопша пятнистая (молочный чертополох) относится к семейству астровых (Asteraceae), латинское название – *Silybum marianum*. Применяют расторопшу при болезнях печени и желчного пузыря [2,9]. При использовании современных технологий нарушение функций печени у коров – одна из актуальных проблем молочного скотоводства. По последним данным из обследованного поголовья коров с продуктивностью 7000-8500 кг молока в год патология печени выявлена у 52,4%, а у коров с продуктивностью 4500-5200 кг молока в год – у 20,7% животных [1,3].

В настоящее время установлено, что гепатопротекторное действие силимарина связано с его антиоксидантной активностью. Силимарин предотвращает образование тетрахлорметана (CCl<sub>4</sub>), вызванного перекисным окислением липидов, и снижает его метаболическую активность за счет разрушения химических связей [14]. Также применение силимарина способствует нормализации уровней трансаминаз, очищению, восстановлению поврежденных и образованию новых гепатоцитов, повышению устойчивости печени к инфекциям и отравлениям, стимуляции образования и выделения желчи [8,13].

Проведенные исследования показали, что входящие в состав расторопши биологически активные вещества поддерживают иммунную систему организма, метаболизм гормонов (в особенности гормонов группы эстрогенов). При использовании зерна расторопши в рационах увеличивается выделение желчи, улучшается

переваривание жиров и усвоение жирорастворимых витаминов, что значительно улучшает процесс пищеварения и повышает молочную продуктивность коров [6].

**Цель исследования** – разработка кормовой добавки для сухостойных коров и технологии ее изготовления из семян рапсов и биологически активных веществ.

**Материалы и методы.** В работе применялись экспериментальный, аналитический и расчетно-конструктивный методы исследования. При разработке состава кормовой добавки использовались следующие компоненты: полножирные семена рапсов как наполнитель, биологически активные вещества – витамин Е, пробиотик, бетаин. Все эти компоненты обладают синергическим взаимодействием и наиболее востребованы высокопродуктивными животными [10,15]. Они корректируют обмен веществ, улучшают их усвоение, повышают иммунитет, стрессоустойчивость, обеспечивают вывод из организма токсинов, обеспечивают высокую продуктивность и качество продукции у животных. Для изготовления кормовых добавок гепатопротекторного действия, предназначенных для использования в кормлении сухостойных коров, проведен комплекс исследований по изучению различных характеристик нетрадиционного сырья – зерна рапсов пятнистой. Оно было завезено из ООО «Истобное» Воронежской области урожая 2021 г.

**Результаты и их обсуждение.** Качественная характеристика семян рапсов, использованных при изготовлении добавки, приводится ниже (таблица 1).

Таблица 1 - Показатели качества зерна рапсов пятнистой

Показатели	Значения
Влажность, %	6,67
Массовая доля сырого жира, %	26,69
Кислотное число, мг/КОН	1,2
Сумма флаволигнанов в пересчете на силибин, %	4,61

Из таблицы видно, что в зерне рапсов содержится значительное количество жира (26,69%) и ценных биологически активных веществ – флаволигнанов. В пересчете на силибин они составляют 4,61%. В нем содержится: обменной энергии – 12,43 мДж, сырого протеина – 16,6%, незаменимых аминокислот – 5,42%.

Ввиду недостатка данных о физических формах зерна рапсов и других его особенностях были изучены его параметры. Методом фракционирования зерновки установлено, что гранулометрические показатели зерна (длина, ширина, толщина) варьируют в широких пределах.

Ниже, на рисунках 1 и 2, представлена полная характеристика зерна по этим показателям.

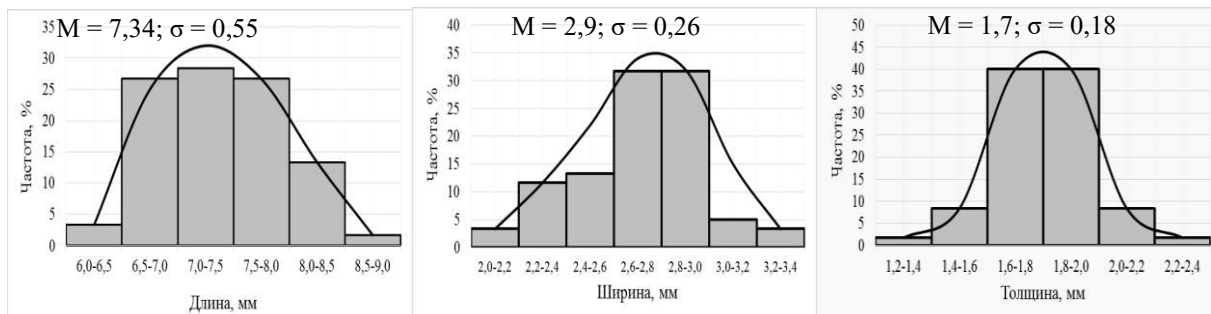


Рисунок 1 - Распределение зерновок по длине, ширине и толщине

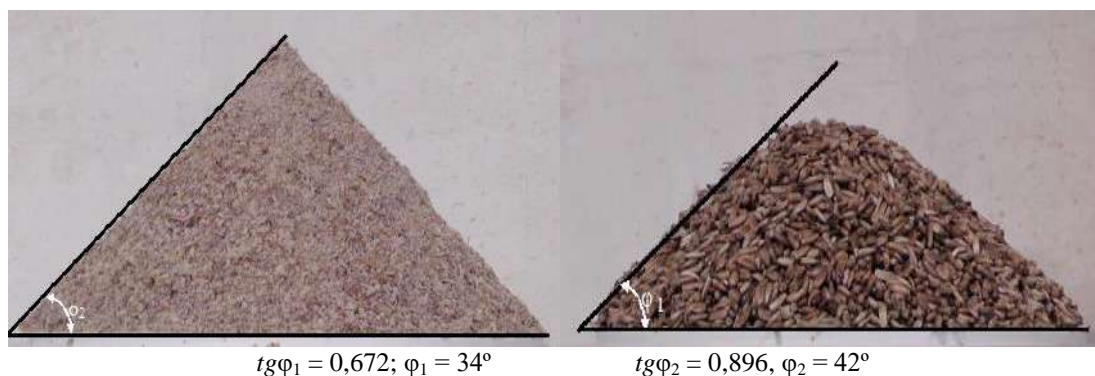


Рисунок 2 - Углы естественного откоса цельного и размолотого зерна рапсов

Анализы показали, что средние размеры зерна рапсов находятся в пределах: по длине – 7,34 мм, ширине – 2,90 мм, толщине – 1,70 мм; угол естественного откоса цельного зерна составляет  $\varphi_1 = 34^\circ$ , размолотого зерна  $\varphi_2 = 42^\circ$ .

Показателем сыпучести цельного и размолотого зерна является коэффициент внутреннего трения. Полученные данные свидетельствуют о том, что цельное и размолотое зерно рапсов можно относить к



группе сыпучих. Этот показатель имеет практическое значение при использовании размолотого зерна расторопши в качестве добавки и одновременно как наполнителя для равномерного смешивания компонентов с биологически активными веществами.

При помощи разработанной в ФГБНУ ВНИИТиН установки для определения скоростей витания частиц сыпучих материалов были построены полигоны распределений скоростей витания зерновок расторопши (рис. 3а) и частиц дробленого зерна (рис. 3б). Очевидно, что для зерна расторопши скорость воздушного потока пневмотранспортных систем должна быть более 10 м/с, а для дробленки с гранулометрическим составом в пределах 1-3 мм – более 4 м/с.

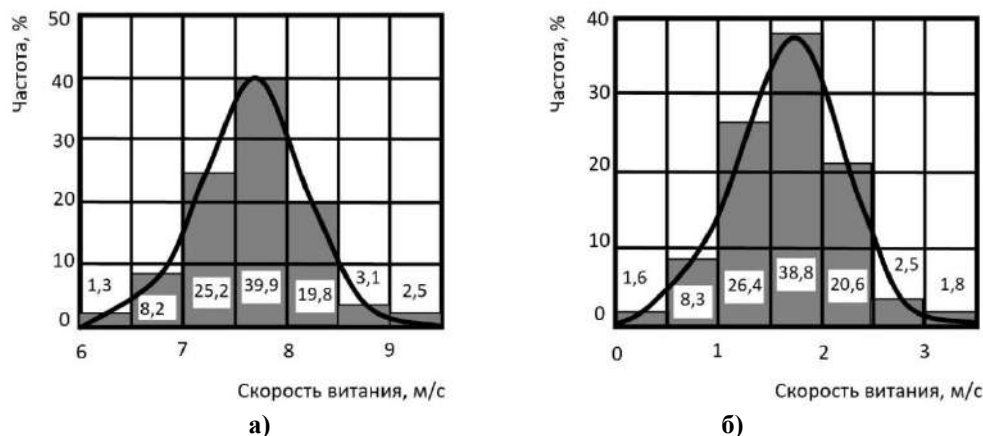


Рисунок 3 - Полигоны распределения скоростей витания зерновок расторопши и частиц дробленого зерна

Характерной особенностью зерна расторопши является сравнительно высокая его твердость в отличие от фуражных зернобобовых культур. В связи с этим возникают определенные особенности его размола. В лабораторных условиях нами проведены исследования по оптимизации технологии размола зерна расторопши на экспериментальной молотковой дробилке с частотой вращения 2840 об/мин. При этом были использованы решета с размером отверстий 3, 4 и 5 мм. Результаты исследований по дроблению зерна обеспечили получение следующего фракционного состава продукта на выходе (таблица 2).

Таблица 2 - Фракционный состав дробленого зерна расторопши при разном размере отверстий решета

Размер фракции, мм	Содержание фракции, % при размере отверстий решета, мм		
	3,0	4,0	5,0
< 1,0	1,2	0,8	0,7
1,0-2,0	89,5	83,7	78,0
2,0-3,0	9,1	15,1	18,9
> 3,0	0,2	0,4	2,4

Экспериментальные исследования процесса дробления зерна расторопши показали, что пропускная способность для решет с диаметром отверстий 3, 4 и 5 мм составляет 110, 155 и 215 кг/ч соответственно. При этом с уменьшением диаметра отверстий решет происходит снижение производительности дробилки примерно в 1,5-2,0 раза, а также наблюдается нагревание готового продукта на выходе до 65-70°C. Оптимальный фракционный состав, причем без разогрева массы, обеспечивает решето с отверстием 5 мм. Объемная масса зерна расторопши составила 0,796 г/см<sup>3</sup>, а размолотого зерна – 1,177 г/см<sup>3</sup>. Размолотое зерно расторопши является хорошим наполнителем для изготовления на его основе кормовых добавок гепатопротекторного действия для животных.

Научно обоснован и разработан рецепт добавки для сухостойных коров. В ее состав входят следующие компоненты, в % по массе: дробленое зерно расторопши – 92,76; профорт (пробиотик) – 6,00; бетаин гидрохлорид (97%) – 1,20; витамин Е (50%) сыпучий – 0,04. В лабораторных условиях на основе дробленого зерна расторопши методом ступенчатого смешивания компонентов был изготовлен опытный образец (80 кг) кормовой добавки для испытания на сухостойных коровах. Взвешивание компонентов проводилось на обычных и лабораторных тензовесах. Предварительно из биологически активных веществ и наполнителя (дробленая расторопша) приготовили премикс, который затем ступенчато смешивали с основной массой кормовой добавки. Качественная характеристика кормовой добавки на основе зерна расторопши и биологически активных веществ следующая: содержание в 1кг обменной энергии – 12,5 МДж, сырого протеина – 16,69%, сырой клетчатки – 17,10%, сырого жира – 24,43%, кальция – 0,70%, фосфора – 0,64%, витамина Е – 217 мг. На основе экспериментальных данных был разработан технологический регламент приготовления кормовых добавок и комбикормов с их использованием на имеющемся отечественном оборудовании кормоцеха в хозяйстве: комбикормовый агрегат «Доза», дробилка с пневмозаборным рукавом, экструдер, небольшой смеситель для премикса, мобильный транспортер и тензовесы для взвешивания компонентов. Этим кормовым

средством можно улучшать эффективность функционирования биотехнических систем в молочном животноводстве.

Кормовая добавка использовалась в рационе кормления сухостойных коров. Контроль за поедаемостью кормов, систематическая визуальная оценка процесса пищеварения у коров по состоянию внешнего вида фекалий показали отсутствие наличия в их составе грубых волокон и дробленого зерна в неперевааренном виде. Фекалии имели однородную структуру без наличия неперевааренных остатков и слизи. Консистенция фекалий была полугустая, сформированная, не растекающаяся при падении, случаи диареи не отмечались. Эти факты свидетельствовали о нормальном процессе пищеварения у опытных животных.

Таблица 3 - Результаты от использования кормовой добавки в рационе сухостойных коров

Показатели	Группа	
	контрольная	опытная
Растелилось коров, гол.	5	5
Контрольная дойка, удой, кг	23,00 ± 1,96	24,00 ± 1,15
В % к контрольной группе	100,00	104,30
Время отделения последа, ч	8,40 ± 1,46	6,00 ± 1,18
Срок осеменения коров после отела, дней	79,00 ± 3,30	44,00 ± 4,60*

\*P < 0,01

Контрольная дойка подтвердила более высокие удои у этих коров (24 кг молока против 23 кг). У них легче проходили отелы и быстрее восстановление к норме функционального состояния организма (таблица 3). Об этом свидетельствовал такой показатель, как сокращение времени на отделение последа по сравнению с контрольными животными на 2,4 ч. Коровы из опытной группы характеризовались лучшей воспроизводительной способностью. После растела они были осеменены через 44 дня, а из контрольной – через 79 дней, или на 35 дней позднее.

Выводы. Кормовая добавка может использоваться в рационах и комбикормах всех видов животных. Ее можно вводить в кормосмеси или задавать непосредственно в кормушку. С целью улучшения воспроизводительной способности и качества приплода кормовую добавку можно скармливать коровам в сухостойный период по 0,5 кг на голову в сутки.

### Литература

1. Алехин Ю. Н. Болезни печени у высокопродуктивных коров (диагностика, профилактика и терапия). Ветеринария. 2011. №6. С. 3-7.
2. Влияние природного метамодулятора на биохимические показатели и продуктивность молочных коров в условиях Юга России / Е. Н. Рудь, В.А. Гринь, Е. В. Кузьмина, М. П. Семенов // Известия НВ АУК. 2021. 3(63). С. 291-300.
3. Гепатопатии стельных коров и их влияние на состояние воспроизводительной функции / Р.В. Роменский, А.В. Хохлов, Н.В. Роменская, А.В. Щеглов // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 3. С. 45 - 47.
4. Грачев Д. Рынок кормовых добавок требует кардинальных перемен // Комбикорма. 2019. №1. С. 13 -16.
5. Горлов И. Ф., Мосолова Н. И., Злобина Е. Ю. Новые биологически активные вещества для обеспечения экологической безопасности и повышения качества молока // Пищевая промышленность. 2012. №12. С. 32-34.
6. Григорьев Д. Ю., Жмаев Е. А., Лебедев А. А., Пирогов Д. А. Комплексный препарат силимарина увеличивает удой, содержание жира и белка в молоке коров в период раздоя // Молочное и мясное скотоводство. 2019. №6. С. 47 - 50.
7. Доровских В.И., Жариков В.С. Опыт использования доильных роботов // Техника и технологии в животноводстве. 2020. № 2(38). С. 19-22.
8. Калугина Л. Расторопша в Коелге: сезон третий // Комбикорма. 2019. №6. 4-8.
9. Корыляк М. З. Фитотерапевтические свойства расторопши пятнистой и ее использование в кормлении животных // Рыбохозяйственная наука Украины. 2013. №4. С.97-108.
10. Шастак Е., Рюле Р. Витамин Е: потребность и положительные эффекты / Е. Шастак, Р. Рюле // Комбикорма. 2016. №12. С. 87-88.
11. Шемуранова Н. А., Гарифуллина Н. А. Растения как основа для создания экологически безопасных высокофункциональных биодобавок для животных // Аграрная наука Евро – Северо - Востока. 2020. №21(5). С.483-502
12. Bach A., Cabrera V. Robotic milking: Feeding strategies and economic returns // Journal of Dairy Science. 2017. № 100(9). P. 7720-7728.
13. Hellerbrand C., Schattenberg J. M., Peterburs P., Brignoli A. L. R. The potential of silymarin for the treatment of hepatic disorders // Clinical Phytoscience. 2016. №2(7). P. 1-14.
14. Mechanism for the protective effects of silymarin against carbon tetrachloride-induced lipid peroxidation and hepatotoxicity in mice. Evidence that silymarin acts both as an inhibitor of metabolic activation and as a chain-breaking antioxidant / P. Lettéron, G. Labbe, C. Degott at all. // Biochemical Pharmacology. 1990. №39. P. 2027-2034

15. Zhao G. Betaine in Inflammation: Mechanistic Aspects and Applications // Immunology. 2018. № 24 (9). P. 1070.

УДК 637.116.2:636.2

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДОВ  
ИЗМЕРЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ДОЕНИЯ КОРОВ**

**В.И. Доровских**, к.т.н., **В.С. Жариков** м.н.с., **Г.М. Шулаев** к.с.-х.н., **Р.К. Милушев** д.с.-х.н.

ФГБНУ ВНИИТиН

г. Тамбов, Российская Федерация

**Введение.** Известно, что в процессе молоковыведения участвуют доильный аппарат и корова. Характер взаимодействия этих элементов биотехнической системы определяется их параметрами, с одной стороны отсасывающей способностью доильного аппарата и его физиологичностью, а с другой функциональными свойствами вымени животных. Существующие современные автоматизированные системы управления доением способны контролировать основные параметры процесса доения, осуществлять стимуляцию рефлекса молокоотдачи и своевременное снятие доильных аппаратов, однако не в полной мере обеспечивают адаптацию режимных параметров доильного оборудования к особенностям функциональных свойств вымени животных. Основным недостатком этих систем заключается в том, что собранная и находящаяся в базе данных информация не используется в алгоритмах управления процессом молоковыведения. Средняя интенсивность молоковыведения по стаду при их использовании может колебаться в пределах 1...5 л/мин, время доения от 2 до 15 минут. В результате чего животные не раздаиваются, и уровень использования их генетического потенциала не превышает 70...75% [1-3].

Перспективным технологиям производства молока должны соответствовать доильные установки нового поколения, которые могут не только качественно обеспечивать процесс доения, но и способствовать сохранению здоровья животных, их стабильной продуктивности на протяжении как можно большего числа лактаций. При разработке и реализации новых моделей доильных установок необходимо учитывать физиологичность рабочих органов и режимов доения, высокий уровень автоматизации процесса доения, непрерывный контроль сопряженных технологических процессов [4-11].

Чтобы адаптировать режимные параметры доильного аппарата к функциональным особенностям вымени животных в данный период лактации, на первом этапе необходимо теоретически и экспериментально обосновать принципы количественной оценки качества процесса доения животных.

**Методика проведения исследований.** Исследования базируются на разработанном способе оценки соответствия показателей молокоотдачи животного и параметров доильного аппарата (патент № 2109935), позволяющем производить количественную оценку функциональных свойств вымени животных, определять отсасывающую способность различных типов доильных аппаратов и оптимизировать режимы доения.

Для выявления резервов повышения эффективности производства молока разработан общий методический подход.

Методика исследований разработана в соответствии с рабочей программой и включает: общую методику выполнения работ; методику определения расходных характеристик доильных аппаратов; методику проведения исследований физиологического воздействия доильного оборудования на вымя коров. Исследования проводились в лабораторных и производственных условиях.

**Результаты и обсуждение.** Величина воздействия вакуума в процессе молоковыведения может оцениваться параметром [12]:

$$E = \tau \mu \sqrt{\frac{2P}{\rho}}, \quad 1)$$

где  $E$  – параметр характеризующий отсасывающую способность доильного аппарата, м/с;

$\tau$  - относительная длительность такта сосания;

$\mu$  - коэффициент расхода, учитывающий конструктивные и технологические особенности доильного аппарата;

$P$  - разрежение в подсосковой камере доильного стакана, Па;

$\rho$  - плотность молока, кг/м<sup>3</sup>.

Физический смысл параметра  $E$  это скорость потока молока в выводном канале соска, которую способен обеспечить доильный аппарат. Этот параметр для конкретного типа доильного аппарата определен однозначно и может служить характеристикой его отсасывающей способности. Значение этого параметра может быть определено на основе стендовых испытаний с использованием искусственного вымени с известным значением сечения выводного канала соска.

Относительная длительность такта сосания определяется из выражения:

$$\tau = t_c / t_{\text{ц}}$$

где  $t_c$  – период разомкнутого состояния сосковой резины (такт сосания), с;

$t_{\text{ц}}$  - время цикла пульсаций, с.

Фактическая скорость истечения ниже теоретической, это обусловлено конструктивными особенностями доильного аппарата.

Поэтому максимальное количество молока, выводимого доильным аппаратом через выводной канал соска в единицу времени, будет:

$$G = \tau F \mu \sqrt{\frac{2H}{\rho}}, \quad (2)$$

где  $G$  - средний расход молока из выводного канала соска, м<sup>3</sup>/с;  
 $F$  – эквивалентная площадь сечения выводного канала соска, м<sup>2</sup>;  
 $\mu$  - коэффициент расхода.

Значение коэффициента расхода определяется по результатам стендовых испытаний доильного аппарата.

На основе анализа результатов исследований молоковыведения коров функцию молокоотдачи через выводной канал можно представить в следующем виде:

$$V_i = k(t^2 + at + b), \quad (3)$$

где  $V_i$  – количество молока, выделяемое организмом животного в единицу времени, м<sup>3</sup>/с;  
 $t$  – текущее время, с.

Исходя из условия, что при  $t = 0$  и  $t = T_i$ ,  $V = 0$  имеем  $b = 0$ ;  $a = -T$ ,

Тогда:

$$V_i = k(t^2 - T_i t), \quad (4)$$

где  $T_i$  – период молокоотдачи соска, с.

Разовый удой из соска определяется из выражения:

$$Q_i = \int_0^{T_i} V_i(t) dt = \int_0^{T_i} (t^2 - T_i t) dt = -\frac{k T_i^3}{6}, \quad (5)$$

где  $Q_i$  – разовый удой из соска, м<sup>3</sup>.

Откуда  $k = -\frac{6Q_i}{T_i^3}$ .

Тогда уравнение (3) примет вид:

$$V_i = \frac{6Q_i}{T_i^3} (T_i t - t^2) \quad t \in [0; T_i] \quad (6)$$

При известном разовом удое коровы равном  $Q_i$  и индексе вымени равном  $\beta$  удой каждого переднего соска составит  $Q_i \cdot \beta / 2$ , а каждого заднего -  $Q_i \cdot (1 - \beta) / 2$ .

Тогда функции молокоотдачи сосков при примут вид:

- передний правый

$$V_{mn} = \frac{6Q_{mn}}{T_{mn}^3} (T_{mn} t - t^2), \quad t \in [0; T_{mn}];$$

- передний левый:

$$V_{nl} = \frac{6Q_{nl}}{T_{nl}^3} (T_{nl} t - t^2), \quad t \in [0; T_{nl}]$$

Функции молокоотдачи задних сосков:

- задний правый:

$$V_{zn} = \frac{6Q_{zn}}{T_{zn}^3} (T_{zn} t - t^2), \quad t \in [0; T_{zn}]$$

- задний левый:

$$V_{zl} = \frac{6Q_{zl}}{T_{zl}^3} (T_{zl} t - t^2), \quad t \in [0; T_{zl}]$$

Функция молокоотдачи вымени коровы равна:

$$V = \sum_{i=1}^4 V_i.$$

На рисунке 1 представлены графики функций молокоотдачи сосков (кривые 1, 2, 3, 4) и вымени коровы в целом (кривая 5).

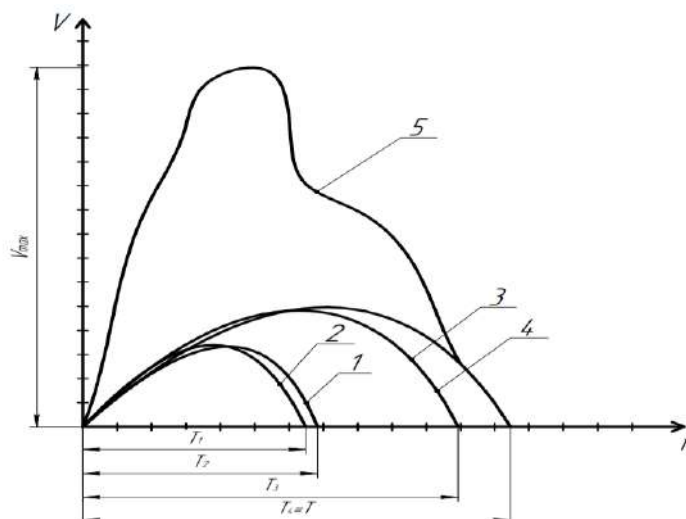


Рисунок 1 - График функции молокоотдачи вымени коровы

В зависимости от значения параметра  $E$  и характера изменения функции молокоотдачи  $V$  процесс доения может быть реализован по трем вариантам:

1) энергии подводимого вакуума недостаточно для полного выведения молока из организма животного, поэтому на интервале времени  $t_1...t_2$  наступает торможение реакции молокоотдачи и определенная порция молока не выводится и остается в альвеолярном отделе вымени;

2) значение параметра  $E$  доильного аппарата соответствует максимальной интенсивности молокоотдачи  $V_{max}$ , такой режим следует считать оптимальным, так как молоко полностью выводится из организма животного, а величина избыточного вакуума минимальная;

3) имеет место избыток подводимой энергии, в результате чего при достижении величины избыточного вакуума, превышающей допустимое значение, происходит травмирование молочной железы животного.

Для обеспечения оптимального режима доения необходимо чтобы параметр  $E$  определенным образом соответствовал параметру  $J$ .

Порядок действий при определении режимов доения следующий:

1. На основе стендовых испытаний определить отсасывающую способность доильного аппарата ( $E$ ) для различных значений параметров: рабочего вакуума ( $P$ ) и относительной длительности такта сосания ( $\tau$ ).

2. На основе контрольных доек проводимых с использованием доильного аппарата с известной отсасывающей способностью ( $E$ ) определить для всех коров: разовый удой ( $Q_i$ ); максимальную и среднюю интенсивность молоковыведения ( $G_i, \bar{G}_i$ ), коэффициент  $K$ :  $K_i = G_i / \bar{G}_i$ .

3. Вычислить для всех коров параметр тугодойности ( $F$ ):  $F_i = \frac{G_i}{E}$ .

4. Задать оптимальное значение периода молоковыведения ( $T_i$ ) в секундах для каждой коровы, например из условия  $T_i = 60(3 + 0,2Q_i)$ .

5. Вычислить среднюю интенсивность молоковыведения для каждой коровы необходимую для выведения молока за заданный период  $T_i$ :  $\bar{G}_i = Q_i / T_i$ .

6. Вычислить максимальную интенсивность молоковыведения для каждой коровы:  $G_i = K\bar{G}_i$ .

7. Вычислить значение отсасывающей способности доильного аппарата для каждой коровы, необходимое для выведения молока за оптимальный период ( $T_i$ ):  $E_i = G_i / F_i$ .

8. На основе данных пункта 1 выбрать параметры доильного аппарата (начиная с минимального значения вакуума) соответствующие вычисленному значению отсасывающей способности доильного аппарата для каждой коровы.

9. Осуществить доение коров с выбранными для каждой из них параметрами доильного аппарата.

Процесс управления качеством доения осуществляется следующим образом. Все коровы стада по полученным данным (пункт 7) ранжируются по значению отсасывающей способности. Затем все стадо делится на количество групп равное количеству используемых доильных установок, но не более 4. Для каждой из этих групп назначается вакуумный режим из условия:

$$P_i = \frac{\rho}{2} \left( \frac{E_{\max}}{\mu\tau_{\max}} \right)^2.$$

Управление в группах осуществляется путем изменения соотношения тактов. На доильных установках оборудованных компьютерной системой идентификации животных и компьютерной системой управления

соотношением тактов возможно задание соотношения тактов для каждого животного по заданной программе (рисунок 2).

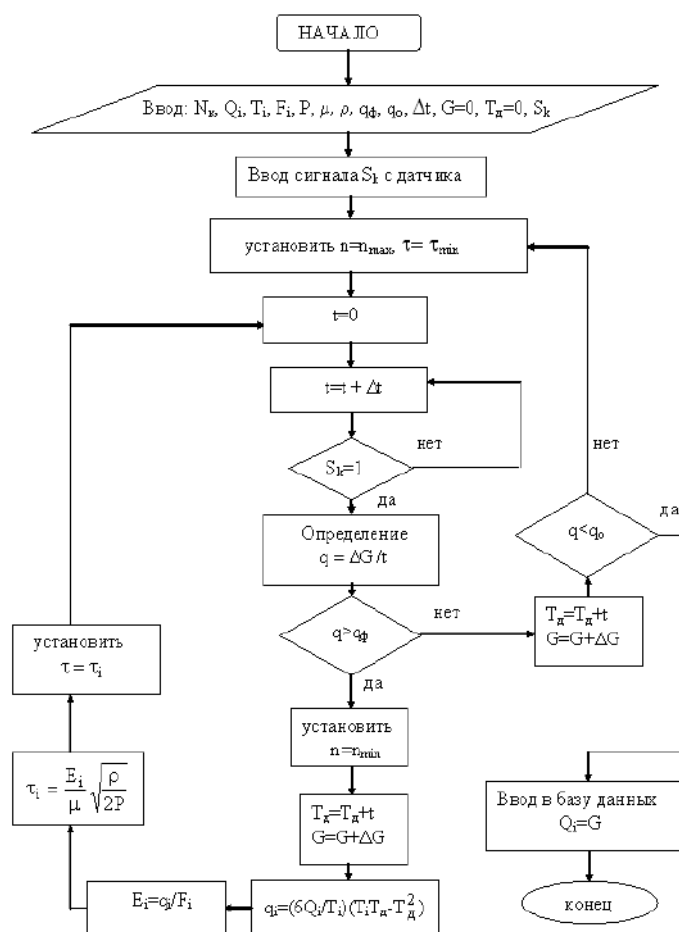


Рисунок 2 – Блок - схема управления процессом доения коров

При доении коров на линейных доильных установках производится ранжирование коров в группах, деление на подгруппы по количеству линий и на каждой из линий используются аппараты с различным соотношением тактов, например, 50:50; 60:40; 65:35; 70:30. Для них определяются значения отсасывающей способности:  $E_1$ ;  $E_2$ ;  $E_3$ ;  $E_4$  и в соответствии с данными пункта 1 определяется соотношение тактов при заданном вакуумном режиме.

В связи с изложенным, в процессе настройки доильных аппаратов, необходимо контролировать периоды пульсации, сосания и сжатия сосковой резины при заданном рабочем вакууме.

**Выводы.** Выявлено, что объективные закономерности процессов молоковыведения должны служить основой количественной оценки качества и эффективности использования доильных установок.

Сопоставление отсасывающей способности доильных аппаратов с показателями молокоотдачи позволяет результативно управлять процессом доения, осуществлять рациональный подбор стада и целенаправленную селекцию животных, оценивать перспективы совершенствования доильных установок.

### Литература

1. Доровских В.И., Филиппова О.Б., Кийко Е.И. Управление параметрами доильного оборудования в зависимости от физиологических особенностей коров // Материали за VIII международна научна практична конференция «Бъдещето выпросы от света на науката» 17 - 25 декември, 2012. - Том 35. География и геология. Селско стопанство. Ветеринарна наука. София. «Бял ГРАД-БГ» ООД – С.42-46.
2. Карташов Л.П. О проектировании физиологичной доильной техники с точки зрения открытых систем / Л.П. Карташов, З.В. Макаровская // Сб. науч. тр. Россельхозакадемия. – Казань, 2002. – XI-й Международный симпозиум по машинному доению коров. – Казань, 2003. – С. 23-36.
3. Китиков В.О. Совершенствование методологии обоснования технологий и машин для молочного животноводства / В.О. Китиков, В.Н. Дашков. // Сб. докл. Межд. науч.-практич. конф. Инновационные технологии в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции. Часть 2. – Минск, БГТАУ, 2011. – С. 16-21.

4. Филиппова О.Б., Кийко Е. И. К проблеме выбраковки коров по степени пригодности к машинному доению / Главный зоотехник. - № 5. – 2013. – С. 14-17.
5. Филиппова О.Б. Физиологическая оценка доильного оборудования /О.Б. Филиппова, В.И. Доровских, Е.И. Кийко // Вестник ВИЭСХ. - 2014. - №3 (16). – С. 64 – 65.
6. Филиппова, О.Б. Предпосылки для создания алгоритма управления доильным процессом /О.Б. Филиппова, Е.И. Кийко, В.И. Доровских, О.А. Аتكешов // Международный научно-исследовательский журнал. – 2014. - №4 – 1 (23). – С. 101 – 102.
7. Доровских, В.И. Измерение отсасывающей способности доильных аппаратов / В.И. Доровских, Д.В. Доровских // Наука в центральной России. – 2013. - №6 (12). – С. 21-27.
8. Доровских, В.И. Пути повышения эффективности функционирования средств механизации на семейных молочных фермах / Доровских В.И., Доровских Д.В., О.А. Аتكешов // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2012. - №2 (6). –С. 47 – 51.
9. Доровских, В.И. Оптимизация процесса молоковыведения при доении коров в стойлах / В.И. Доровских, А.П. Дейнега // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2008. – Т. 18. - №2. – С. 123 – 128.
10. Доровских, В.И. Повышение эффективности использования молокопроводных доильных установок путем их модернизации / В.И. Доровских, А.П. Дейнега // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2008. – Т. 18. - №1. – С. 160 – 165.
11. Доровских, В.И. Повышение эффективности использования доильных установок / Доровских В.И. // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Саратов. – 1996.
12. Горм С. Я. Отсасывающая способность доильных аппаратов / С.Я. Горм // «Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства», 1970, № 12
13. Доровских, В.И. Обоснование метода количественной оценки качества процесса машинного доения / В.И. Доровских, Д.В. Доровских, О.А. Аتكешов // Наука в центральной России. -2015. -№3 (15). –С. 88-94.
14. Галаов, К.К. Исследование гидроаэродинамических и конструкторских параметров двухкамерных доильных стаканов с целью исключения патологических изменений вымени у коров / К.К. Галаов // Автореферат диссертации. - Орджоникидзе. – 1957. 238 с.
15. Mein, G.A.; Williams, D.M.D. and Reinemann, D.J. NMC. Effects of milking on teat-end hyperkeratosis: 1.Mechanical forces applied by the teatcup liner and responses of the teat / 42nd Annual Meeting of the National Mastitis Council, Fort Worth Texas, USA, January 26-29, 2003
16. Побединский В., Гончар А., Иойшер А. Методы и приборы для оценки работоспособности доильных аппаратов // Государственный аграрный университет Молдовы, Кишинёв, 2009. – с 55-60.
17. Davis M.A., Reinemann D.J., and Mein G.A. Relationships between physical characteristics and milking characteristics of the aging milking liner. Written for presentation at the 2000 ASAE annual international meeting, Milwaukee, Wisconsin, July 10-13.

УДК 636.32/.38.082.453.5

### ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОВОРОТНОГО СТАНКА ДЛЯ ИСКУССТВЕННОГО ОСЕМЕНЕНИЯ ОВЕЦ

**Н. В. Сергеева**, к.б.н., **В.В. Голембовский**, к.с.-х. н., **Р.З. Халимбеков**, м.н.с.

ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»

г. Михайловск, Российская Федерация

**Введение.** Овцеводство в России является важной отраслью традиционного животноводства, направленной на удовлетворение потребностей населения не только в продуктах питания, но и в других продуктах животноводства, необходимых во многих отраслях промышленности [1, 2].

Анализ текущего состояния овцеводства показывает, что вывод из эксплуатации крупных овцеводческих хозяйств приводит к концентрации овец в личные подсобные хозяйства и частные фермы [3, 4].

Для позитивного изменения нынешнего кризиса в овцеводстве необходимо использовать ресурсосберегающие технологии. Резервы для повышения продуктивности овец должны прежде всего изыскиваться в самой промышленности [5].

Осеменение считается одним из важнейших видов деятельности в животноводстве. В овцеводстве используются как искусственные, так и естественные способы осеменения [6]. Однако искусственное оплодотворение в последнее время приобрело популярность, что позволяет более эффективно использовать племенные ресурсы и предотвращать заболевания [7].

Искусственное оплодотворение позволяет решить проблему максимального покрытия маток генетикой самого ценного производителя. За один сезон осеменения можно оплодотворить гораздо больше маток, чем естественным способом. При этом потребность в большом количестве баранов-производителей значительно снижается, и можно использовать только высококачественных, проверенных баранов. Фермерские хозяйства, использующие высококачественных баранов для оплодотворения овцематок, добились больших успехов в развитии пород и их производственных характеристик. До недавнего времени все процессы, связанные с

осеменением задействовали большое количество людских ресурсов. При этом в процессе искусственного осеменения овец обычно задействовано от трех до пяти человек, а большее количество времени уходит только на то, чтобы поймать овцу и доставить ее на место осеменения.

Еще совсем недавно механизация в овцеводстве была направлена на крупные хозяйства с большим поголовьем. Однако в связи с сокращением численности овец и переходом большей части поголовья в частные руки стал актуальным вопрос о выборе оборудования, приспособленного для предприятий с малочисленным поголовьем [8, 9].

В связи с этим актуальным становится вопрос о выборе оборудования для искусственного осеменения овец.

Целью исследований являлось создание поворотного станка для искусственного осеменения овец с фиксацией животных, обладающего удобством фиксации головы и, отдельно, задней части туловища, за счет простотой конструкции и частичной автоматизацией части механических процессов, сокращением трудозатрат и улучшением качества мероприятий при работе с животными.

**Материалы и методы исследований.** Во время разработки чертежей поворотного станка для искусственного осеменения овец учитывали возможность его применения при различных системах содержания в составе технологического оборудования комплексно-механизированных овцеферм или как самостоятельную единицу в условиях как крупных комплексов, так и мелких, личных подсобных хозяйств. Станок должен был быть прост в использовании, обслуживании и не нуждаться в сторонних источниках энергии. Научно-исследовательскую работу проводили поэтапно. Сначала были проанализированы имеющиеся теоретические исследования и обозначены проблемные моменты, затем велась разработка чертежей и изготовление опытного образца поворотного станка для искусственного осеменения овец, после чего провели апробацию на животных с технологической оценкой и окончательной редакцией чертежей и конструкции станка. На заключительном этапе проводились производственные испытания на базе опытной станции ВНИИОК – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», по показателям, включающим затраты труда, случаи травматизма животных, удобство работы и степень фиксации животных, возможность проведения нескольких ветеринарно-зоотехнических мероприятий одновременно, а также универсальность по отношению к внешним (природным) условиям.

В результате проведенных поисковых изысканий среди отечественных разработок, изучения и анализа существующих аналогов систем технологического оборудования аналогичных конструкций не было выявлено.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Данное изобретение выполнено из металлического профиля и предназначено для фиксации и искусственного осеменения овец последовательно поступающих из раскола животных, а также для проведения других зооветеринарных мероприятий, как в помещении в составе технологического оборудования комплексно-механизированной овцефермы или самостоятельной единицей, так и в условиях пастбища, круглогодично.

Поворотный станок для искусственного осеменения овец был сконструирован с учетом поведенческих реакций овец, применения поворотного механизма и механизмов фиксации животного, которые могут быть использованы как одновременно, так и независимо друг от друга.

На рисунке 1 показан поворотный станок для искусственного осеменения овец.



Рисунок 1- Поворотный станок для искусственного осеменения овец в дествии



Использование поворотного станка для искусственного осеменения овец исключает необходимость в капитальных сооружениях и помещениях для проведения искусственного осеменения овец, что способствует снижению материальных затрат при работе с животными. Многофункциональность изобретения свидетельствует об его универсальности, кроме того он удобен в хранении и транспортировке, а также способствует сокращению затрат ручного труда более чем в 2 раза.

Он состоит из основного каркаса установленного в раскольной линии внутри которого расположен внутренний каркас, отличающийся тем, что дополнительно содержит поворотный механизм соединяющий каркасы с возможностью поворота внутреннего каркаса под углом более 90° и шток фиксации внутреннего каркаса, боковые решетки внутреннего каркаса, расположенные под тупым углом к полу, на передней раме внутреннего каркаса установлена двухстворчатая полуавтоматическая калитка с идентичными створками, закрепленная при помощи навесных петель с возвратной пружиной, причем, идентичные створки фиксируются посредством полуавтоматической щеколды и имеют конусовидный зазор для размещения шеи овцы с фиксацией головы, с помощью крестообразного механизма самофиксации головы животного, с автоматической защелкой, при этом, на боковой решетке внутреннего каркаса установлен механизм для фиксации задней части туловища животного состоящий из боковой зажимной створки, соединенной с отсекающей калиткой посредством регулируемого штока.

Поворотный станок для искусственного осеменения овец работает следующим образом: животное заходит в поворотный станок для осеменения овец, под действием рефлекторных особенностей овец проходит вперед до упора плечами в идентичные створки двухстворчатой полуавтоматической калитки, где при попытке животного освободить голову, срабатывает крестообразный механизм самофиксации головы животного с автоматической защелкой, после чего животное уже не может опустить голову вниз или вынуть голову назад.

После самофиксации головы овцы в конусовидном зазоре, оператор поднимается специальный шток, который фиксирует внутренний каркас, задействуется поворотный механизм и станок поворачивают на 90°, при этом отсекающая калитка упирается в заднюю раму основного каркаса перекрывая проход животным из раскола. Одновременно с этим боковая зажимная створка фиксирует заднюю часть животного посредством передачи усилия через регулируемый шток и происходит обездвиживание животного в станке путем прижатия овцы к противоположной боковой решетке внутреннего каркаса, расположенной под тупым углом к полу и одновременно, оператор разворачивает зафиксированное животное задней частью к осеменатору и фиксирует удобное положение внутреннего каркаса опустив шток фиксации.

Механизм фиксации задней части туловища животного состоит из отсекающей калитки, боковой зажимной створки и регулируемого штока, который позволяет настраивать механизм фиксации в соответствии и размерами животного.

По окончании манипуляций с животным станок поворачивают обратно, в исходное положение, в результате чего отодвигается отсекающая калитка, овца освобождается от фиксации задней части туловища, далее ее выпускают не расфиксировав крестообразный механизм для самофиксации головы. Животное выпускают из поворотного станка для искусственного осеменения овец поднятием полуавтоматической щеколды, действующей по принципу упругого элемента, фиксирующей створки двухстворчатой полуавтоматической калитки, и автоматически возвращающейся в исходное положение посредством возвратных пружин, с закрытием двухстворчатой полуавтоматической калитки. При продвижении овцы на выход через внутренний и основной каркасы, створки двухстворчатой полуавтоматической калитки открываются под углом более 90° к направлению движения овцы и после выхода автоматически закрываются с фиксацией полуавтоматической щеколды. Затем цикл работы с очередным животным повторяется.

Преимущество предлагаемого поворотного станка для искусственного осеменения овец по сравнению с существующими техническими решениями заключается в наличии механизмов отсекающего потока животных и фиксации выбранного оператором животного, в сочетании с поворотным механизмом, что обеспечивает сокращение затрат ручного труда, позволяет проводить ряд ветеринарно-зоотехнических мероприятий, причем наличие поворотного механизма позволяет проводить одновременно несколько операций; конструкция выполнена из недорогих материалов, проста в изготовлении и использовании, ее можно транспортировать.

Искусственное осеменение и проведение других зооветеринарных мероприятий с применением этого станка становятся эффективнее, удобнее и менее травмоопасно. Кроме того, сокращает использование человеческих ресурсов от 25 % до 60 %.

**Заключение.** Поворотный станок для искусственного осеменения овец обладает удобством фиксации головы и, отдельно, задней части туловища, за счет простоты конструкции, автоматизации части механических процессов, сокращением трудозатрат и улучшением качества мероприятий при работе с животными за счет частичной автоматизации процессов основанных на поведенческих реакциях животных и доступностью к любой части тела овцы.

Кроме того, станок обеспечивает безопасность обслуживающего персонала и животных, позволяет проводить не только искусственное осеменение, но и другие зооветеринарные манипуляции с овцами. Данное изобретение можно использовать как в помещении, в составе технологического оборудования комплексно-механизированной овцефермы или самостоятельной единицей, так и в условиях пастбища, круглогодично.

Многофункциональность изобретения свидетельствует об его универсальности, кроме того, он удобен в хранении и транспортировке.

### Литература

1. Бобрышова Г. Т., Голембовский В. В., Пашкова Л. А. Овцеводство было промышленным // Зоотехния. 2021. № 8. С. 19-24. DOI 10.25708/ZT.2021.14.16.005.
2. Бобрышова Г. Т., Голембовский В. В., Пашкова Л. А. Будущее овцеводства – в развитии интенсивных технологий // Овцы, козы, шерстяное дело. 2021. № 3. С. 14-19. DOI 10.26897/2074-0840-2021-3-14-19.
3. Суров А. И., Пикалов А. А. Интенсивное овцеводство // Сельскохозяйственный журнал. 2012. Т. 3. №. 1-1. С. 184-186.
4. Методика разработки системы машин для механизации и автоматизации процессов при производстве продукции животноводства / Н. М. Морозов [и др.] // Подольск: Всероссийский научно-исследовательский институт механизации животноводства РАСХН, 2005. 57 с.
5. Искусственное осеменение овец : учебное пособие / Г. А. Бурова [и др.] // М-во сельского хоз-ва Российской Федерации, Российский гос. аграрный ун-т - МСХА им. К. А. Тимирязева, Зооинженерный фак., Каф. зоогигиены, акушерства и ветеринарии. Москва : ФГОУ ВПО РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2011. 58 с.
6. Айбазов М.М., Мамонтова Т.В., Сеитов М.С. Повышение результативности осеменения овец криоконсервированной спермой // Сельскохозяйственный журнал. 2017. №10. С. 28-34.
7. Репродуктивные качества овцематок калмыцкой курдючной породы при чистопородном разведении и скрещивании с баранами породы дорпер и интенсивность роста ягнят в подсосный период / В. А. Погодаев [и др.] // Известия Горского государственного аграрного университета. 2018. Т. 55. № 2. С. 82-87.
8. Голембовский В. В., Белов Д. Е., Пашкова Л. А. Функции раскола-накопителя на современном этапе развития овцеводства // Известия Горского государственного аграрного университета. 2021. № 58-3. С. 68-75.
9. Пашкова Л. А., Голембовский В. В. Общие вопросы механизации овцеводства // Актуальные проблемы сельского хозяйства горных территорий: Материалы VIII-й Международной научно-практической конференции, посвященной Году науки и технологий в России, 265-летию присоединения алтайского народа в состав Российского государства и 30-летию образования Республики Алтай, Горно-Алтайск, 10–12 июня 2021 года. Горно-Алтайск: Горно-Алтайский государственный университет, 2021. С. 80–83.

УДК 338.433.4

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА В УИС КАК ФАКТОР УКРЕПЛЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

**Ж.С. Наприс**, к.э.н., доцент  
ФКОУ ВО Академия ФСИН России  
г. Рязань, Российская Федерация

Сегодняшняя модернизация сельскохозяйственной техники в России играет ключевую роль в стратегии устранения зависимости от импорта продовольствия. Автоматизация и использование искусственного интеллекта в этой сфере могут предоставить множество преимуществ, таких как более эффективная производительность и снижение капитальных затрат, по сравнению с полной реорганизацией процессов. Важно отметить, что в уголовно-исполнительной системе (УИС) сельскохозяйственная деятельность играет важную роль в обеспечении продовольствием подразделений ФСИН России, а также питанием осужденных и сотрудников. Кроме того, произведенные продукты могут быть реализованы и сторонним покупателям в рамках получения дохода от иной приносящей доход деятельности. Для эффективного решения вопросов, связанных с сельскохозяйственной деятельностью в УИС и повышением уровня продовольственной безопасности, ведущие ученые России активно занимаются проведением исследований и разработкой новых подходов в данной сфере [1–10]. Их усилия направлены на поиск инновационных решений, включая применение современных технологий, разработку новых сортов сельскохозяйственных культур и улучшение методов управления производством продовольствия.

В целом в мире, одной из перспективных областей исследований является применение датчиков и IoT-технологий для мониторинга и управления процессами в сельском хозяйстве. Это позволяет собирать и анализировать данные о почве, погоде, растениях и животных, помогает принимать более обоснованные решения в области удобрения, орошения и борьбы с вредителями. Кроме того, роботизированные системы уже применяются для выполнения определенных задач, таких как сбор урожая, что повышает эффективность труда и снижает затраты на рабочую силу.

При этом, в рамках научно-технического прогресса и развития робототехники на рынке сельскохозяйственной техники представлен широкий перечень современного энергоэффективного, высокопроизводительного и инновационного оборудования. Однако, показатели информатизации сельского хозяйства в России уступают аналогичным показателям других стран. Технологии точного земледелия в нашей стране применяют только 3 % хозяйств, в США – 60, в странах Евросоюза – 80 % [10].

Важно отметить, что модернизация сельскохозяйственной техники не только способствует сокращению импорта продовольствия, но и создает новые возможности для развития отечественного аграрного сектора.

Обновление сельскохозяйственной техники в УИС происходит медленно из-за финансовых ограничений и отсутствия широкого субсидирования в данной сфере. Однако, несмотря на это, тракторы, которые долгое время использовались в УИС, были надежными и имели высокое качество при низкой стоимости эксплуатации. Когда они используются вместе с различными современными агрегатами, эта техника становится универсальной и способной решать широкий спектр задач, что значительно повышает эффективность сельскохозяйственных операций.

Так, при проведении полевых работ в 2023 году в сельскохозяйственной отрасли ГУФСИН России по Красноярскому краю использовались 75 тракторов, 38 единиц грузового автотранспорта и более 20 единиц прицепного и навесного оборудования, косилки, грабли и пресс-подборщики, а также было задействовано при выполнении различных сельскохозяйственных операций более 350 осужденных. В ГУФСИН России по Кемеровской области-Кузбассу ежедневно в поля выходило 20 комбайнов и грузовых машин. В Смоленской области было задействовано пять тракторов и 11 единиц навесного и прицепного оборудования к ней (сажалки, сеялки, бороны, культиваторы, разбрасыватели удобрений). Также в этом году в первый раз на поля вышла новая рассадопосадочная машина.

При этом, несмотря на ограничения в финансировании уголовно-исполнительной системы в различных регионах России стремятся обновить свою сельскохозяйственную технику, чтобы повысить эффективность и качество сельскохозяйственных операций. Это важно для обеспечения продуктами питания и развития сельскохозяйственного сектора УИС, особенно в рамках действующих санкций и ограничений, в том числе на российском рынке.

Так в Липецкой области (2020 год), с целью использования сельскохозяйственных земель, принадлежащих ЛИУ-1 УФСИН России, были приобретены универсально-пропашной трактор тягового класса 2 Беларус-1221.3 и соответствующее навесное оборудование, включающее дисковую борону, сеялку и опрыскиватель. Эта техника необходима для проведения агротехнических мероприятий и обработки почвы на территории исправительного учреждения. В рамках Федеральной целевой программы «Развитие уголовно-исполнительной системы (2018-2026 годы)» в Республике Калмыкия были закуплены трактор МТЗ-82 (Беларус) и фреза почвообрабатывающая (ФПУ-2.0) для колонии-поселения №3. Это было сделано с целью развития сельскохозяйственной деятельности и укрепления материально-технической базы производственного сектора в уголовно-исполнительной системе. Также, в рамках этой же программы, УФСИН России по Калужской области выделил 1 миллион рублей на приобретение сельскохозяйственной техники для исправительной колонии 3 в поселке Товарково. На эти средства была приобретена новая сельскохозяйственная техника – «Фреза-грядделатель «ФГД-1.4»», которая позволит эффективно проводить обработку почвы.

В 2021 году данная работа по обновлению техники и укреплению продовольственной безопасности в УИС продолжилась. Так, в Белгородской, Челябинской и Тамбовской областях были закуплены тракторы, которые предназначались для осуществления культивирования, дискования земных участков, посева яровых культур, внесения средств защиты растений от вредителей и сорняка путем осуществления работ с навесными, полунавесными и прицепными машинами и орудиями.

В 2022 году ИК-16 ГУФСИН России по Красноярскому краю приобрела трактор «Беларус» и навесное оборудование: косилку с обгонной муфтой, плуг, зубовую борону. Однако, главным приобретением стал навесной картофелеуборочный прицепной комбайн ККР-2. Назначение такой техники – копка картофеля, очистка клубней от минеральных и растительных остатков, складирование готовой продукции в бункер, разгрузка в транспортное средство или любое нужное место. Комбайн для уборки картофеля работает с помощью копателя, который оснащен ножами, роликом, обрезающими дисками и дополнительными элементами для удаления ботвы. Оборудование умеет разделять клубни от сорняков, камней и песка – для этого применяется отсеиватель, представляющий собой сортировочную горку простой, но эффективной конструкции. [11].

Кроме того необходимо отметить, что в рамках укрепления продовольственной безопасности учреждения УИС самостоятельно изготавливают сельскохозяйственную технику и оборудование. Так, в одном из центров трудовой адаптации осужденных Удмуртской Республики изготавливают куны – навесные приспособления для тракторов.

Таким образом, становится очевидно, что в России, в том числе уголовно-исполнительной системе используют традиционные методы возделывания сельскохозяйственных культур и зарекомендовавшую многолетним эффективным использованием технику.

При этом, в целях повышения урожайности и продовольственного самообеспечения учреждения УИС уделяют внимание одному из основных ресурсов – это земле и ее качественным характеристикам. Так, например, в рамках подготовки к весенней посевной кампании в текущем году в Республике Хакасия были произведены исследования почв по основным агрохимическим показателям, в соответствии с рекомендациями агрохимической службы приобретены минеральные удобрения, средства для протравки семенного фонда, гербициды и фунгициды.

Подготовку кадров для работы на сельскохозяйственной технике, как современной, так и прошедшей эксплуатацию в учреждениях УИС, осуществляют в рамках профессиональных училищ, функционирующих при исправительных учреждениях и колониях-поселениях. Так, в ФКП образовательном учреждении № 264 при

КП-3 ГУФСИН России по Кемеровской области-Кузбассу осуществляют подготовку осужденных по специальности «тракторист – машинист» [11].

Таким образом, в рамках реализации Федеральной целевой программы «Развитие уголовно-исполнительной системы (2018-2026 годы)» будет продолжено оснащение сельскохозяйственной техникой различных исправительных учреждений по всей России. Данная работа позволила укрепить и расширить материально-техническую базу производственного сектора уголовно-исполнительной системы в различных регионах страны. Важно отметить, что в связи с появлением современного энергоэффективного оборудования, такого как новые модели тракторов и комбайнов, некоторая ранее приобретенная техника может стать менее востребованной. Однако, эта техника может быть использована в других учреждениях или для выполнения специфических задач, которые требуют особого оборудования. В целом, реализация Федеральной целевой программы «Развитие уголовно-исполнительной системы (2018-2026 годы)» позволяет значительно улучшить условия и эффективность сельскохозяйственной деятельности в исправительных колониях и колониях-поселениях по всей России. Это способствует не только развитию уголовно-исполнительной системы, но и созданию условий для реабилитации осужденных через трудовую деятельность и участие их в сельскохозяйственном процессе. При этом, в настоящее время в условиях санкций, российские производители сельскохозяйственной техники могут получить конкурентные преимущества на мировом рынке, предлагая инновационные решения и технологии, обеспечивая, таким образом, продовольственную безопасность и развитие отечественного аграрного сектора.

### Литература

1. Кибиров, А. Я. Организационно-экономические механизмы инновационного развития агропромышленного производства учреждений уголовно-исполнительной системы (УИС) / А. Я. Кибиров, Ж. С. Новожилова // Агропродовольственная политика России. – 2016. – № 2(50). – С. 13-16.
2. Кибиров, А. Я. Продовольственное обеспечение учреждений пенитенциарной системы России: ретроспективный анализ и современные реалии / А. Я. Кибиров, Ж. С. Новожилова // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2017. – № 6. – С. 32-36.
3. Кирьянов А.Ю. и др. Проблемы повышения эффективности сельскохозяйственного производства учреждений уголовно-исполнительной системы / А. Ю. Кирьянов, А. А. Полункин, Т. А. Цинарева, Р. В. Фокин // . – 2017. – Т. 4, № 1. – С. 170-173.
4. Макарова, О. В. Развитие производства растениеводческой продукции пенитенциарной системы как основа продовольственной безопасности УИС / О. В. Макарова, С. В. Гаспарян, Ж. С. Наприс // Устойчивое и инновационное развитие в цифровую эпоху : Материалы Международной научно-практической конференции, Москва, 22–23 мая 2019 года. Том Часть 2. – Москва: ООО "Сам полиграфист", 2019. – С. 20-24.
5. Наприс, Ж. С. Использование инструментов государственной поддержки для обеспечения продовольственной безопасности учреждений уголовно-исполнительной системы / Ж. С. Наприс, В. И. Токарева // Экономика сельского хозяйства России. – 2019. – № 11. – С. 46-50.
6. Новожилова, Ж. С. Состояние и тенденции развития сельхозорганизаций Федеральной службы исполнения наказаний (ФСИН) / Ж. С. Новожилова // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2015. – № 4(25). – С. 119-121.
7. Терентьев, А. С. Цифровизация процессов внесения удобрений в сельском хозяйстве / А. С. Терентьев // Биотехнические, медицинские и экологические системы, измерительные устройства и робототехнические комплексы - Биомедсистемы-2022 : Сборник трудов XXXV Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов, Рязань, 07–09 декабря 2022 года / Под общей редакцией В.И. Жулева. – Рязань: Индивидуальный предприниматель Коняхин Александр Викторович, 2022. – С. 102-105.
8. Фазлиев И.Н. Формирование и управление развитием подсобных хозяйств в специальных учреждениях ФСИН : монография / И.Н.Фазлиев, А.Г.Светлаков ; М-во с-х. РФ; федеральное гос. бюджетное образов. учреждение высшего образования «Пермский гос. аграрнотехнологич. ун-т. им. акад. Д.Н. Прянишникова» – Пермь : ИПЦ «Прокрость», 2018. - 201с.
9. Черникова О. В. Альтернативные способы повышения урожайности и качества сельскохозяйственной продукции / О. В. Черникова // Актуальные вопросы тылового обеспечения уголовно-исполнительной системы : Сборник материалов Всероссийского научно-практического круглого стола, посвященного 40-летию со дня образования кафедры тылового обеспечения уголовно-исполнительной системы экономического факультета, Рязань, 28 мая 2021 года. – Рязань: Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказаний, 2021. – С. 129-133.
10. Экономическая эффективность цифровизации ресурсосберегающих технологий в растениеводстве: аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2022. – 84 с.
11. <https://fsin.gov.ru/news/> (дата обращения: 11.09.2023 г.).

УДК 621.43.001.4:681.518.3

**ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ ИНЕРЦИОННЫХ МОМЕНТОВ  
ВРАЩАЮЩИХСЯ ВАЛОВ ДВИГАТЕЛЕЙ, МАШИН И МЕХАНИЗМОВ**

**И.П. Добролюбов**, д.т.н. профессор, **О.Ф. Савченко**, к.т.н., **В.В. Альт**, д.т.н., профессор  
ФГБУН Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН  
п. Краснообск, Новосибирская область, Российская Федерация

В процессе эксплуатации производственных сельскохозяйственных *технологических агрегатов* (приводной двигатель – рабочая машина) ухудшается их техническое состояние: происходят старение и износ сопрягающихся поверхностей, сопровождаемые изменением структурных параметров и приводящие к снижению работоспособности техники. Одной из основных причин низкой надёжности агрегатов с высоким энергопотреблением (различного рода дробилок, измельчителей и др.) является отсутствие эффективных средств оперативного контроля их технического состояния. Разработка таких средств (электронных приборов и автоматизированных систем) затруднена из-за отсутствия теоретических математических моделей, достаточно адекватно описывающих процессы функционирования и изменения технического состояния агрегата и его составных элементов.

Применение математического моделирования довольно широко и успешно применяется в агроинженерии по значительному спектру задач, но преимущественно для решения конструкторских задач. Например, при расчете конструктивной массы почвообрабатывающего агрегата с оценкой влияния значимых факторов на его производительность и экономическую эффективность, обосновании функциональных характеристик мобильных энергосредств на основе многокритериального анализа для получения оптимальных решений [1, 2].

Математический же анализ данных для оценки технического состояния технологических агрегатов (приводной двигатель – рабочая машина) предполагает наряду с математическим моделированием рабочих процессов приводного двигателя, например ДВС, учет ряда характерных значимых факторов, обусловленных наличием в агрегате рабочей машины: переменность моментов инерции, трения и вращающих моментов; нелинейность и упругость механических соединений; наличие люфтов, зазоров, сухого трения, скручивания валов и т.д., которые проявляются и оказывают существенное влияние с ростом наработки агрегата

Вопросы определения параметров состояния ДВС рассмотрены в работах авторов на основе применения измерительной экспертной системы двигателей (ИЭСД), позволяющей получить диагностическую измерительную информацию, выявить информационные признаки и выбрать диагностические показатели, рассчитать характеристики и параметры состояния двигателя, сформировать информационную технологию определения технического состояния тракторных двигателей [3–6]. Наряду с модернизацией технических средств и улучшения процедуры получения измерительной информации при совершенствовании технологии, немаловажное значение приобрело совершенствование методов анализа данных рабочих процессов на основе создания математических моделей работы ДВС на различных режимах его работы и моделирования процессов идентификации состояния двигателя [7–9].

Основное внимание в этих работах уделялось математическому анализу при определении параметров газодинамических процессов ДВС. Для технологического агрегата наличие взаимосвязи составных элементов, сочетание газодинамических и механических процессов и разнообразие существенно влияющих факторов приводит к усложнению определения состояния двигателя и машины. Из-за разброса параметров мгновенные значения вращающего момента и углового ускорения двигателя и машины в технологическом агрегате от оборота к обороту являются случайными величинами, измеряемые рабочие процессы агрегата являются сложными; их в данном случае необходимо рассматривать как нестационарные случайные процессы (в стационарном режиме и в режиме разгона), состоящие из суммы детерминированных составляющих и нормального случайного процесса (в силу множества факторов, влияющих на рабочие процессы агрегата). Достоверное измерение таких процессов и определение их параметров может быть обеспечено только при обработке множества (ансамбля) реализаций.

В каждом цикле работы ДВС, электрических двигателей, других машин и механизмов с вращающимися валами содержатся детерминированные составляющие крутящего момента и углового ускорения от неуравновешенных и остаточных сил инерции. Измерение инерционных составляющих крутящего момента позволяет не только определить техническое состояние вращающихся валов двигателя и машины, а также связанных с ними функциональных элементов (цилиндров, молотков, ножей, обмоток и др.), но и повысить точность измерения газодинамических процессов ДВС.

Применение эффективных энергетических корреляционного и спектрального анализов при измерении инерционных составляющих вращающего момента в статическом и динамическом режимах рассматривается в данной работе.

Методика исследований основана на применении компьютерной математической динамической модели ДВС, разработанной с учетом многолетнего опыта разработчиков. Она получила широкое применение для развития математического обеспечения оценки технического состояния ДВС, машин и механизмов с применением различных методов анализа диагностических сигналов [8–10].

Разработанная модель учитывает нелинейность и нестационарность отдельных звеньев, влияние изменения множества важнейших параметров отдельных агрегатов и систем и проявление существенных

нелинейностей и других отклонений на выходные процессы двигателя в функции времени, углового перемещения, скоростного и нагрузочного режимов. При этом рассчитываются временные, частотные и статистические характеристики процессов, их частные и интегральные показатели. Она применима как при стендовых исследовательских испытаниях, так и в эксплуатационных условиях.

Уравнение динамики машин и механизмов с вращающимися валами [8–10]:

$$J_M(\varphi) \frac{d\omega}{dt} - \omega^2 \frac{dJ_M(\varphi)}{d\varphi} = M_a(\omega, \psi, \varphi) - M_T(\omega, \varphi) - M_{nr}(\omega, p_p),$$

где  $J_M, M_a, M_T$  и  $M_{nr}$ , – моменты: инерции, активный (создающий вращение), трения и нагрузки; моменты являются функциями:  $\omega$  – угловой скорости,  $\psi$  – перемещения органа, создающего вращение,  $\varphi$  – угла поворота вала,  $p_p$  – силы нагрузки; например, для ДВС  $M_a$  – индикаторный момент,  $\psi$  – перемещение органа топливоподачи (для ДВС ход рейки топливного насоса).

В стационарном режиме (например, при прокрутке ДВС) или в режимах разгона и выбега без нагрузки инерционный момент  $M_{ин}$  и инерционная составляющая  $\varepsilon_{ин}$  углового ускорения вращающихся валов равны:

$$M_{ин} = \omega^2 \frac{dJ_M}{d\varphi} = M_{ин}^{рег} + M_{ин}^{ост} = \sum_{m=1}^{i_n} M_{ин_1}(\varphi - \zeta_m) + M_{ин}^{ост};$$

$$\varepsilon_{ин} = M / J_M = \sum_{m=1}^{i_n} \varepsilon_{ин_1}(\varphi - \zeta_m) + \varepsilon_{ин}^{ост},$$

где  $M_{ин}^{рег} = \sum_{m=1}^{i_n} M_{ин_1}(\varphi - \zeta_m)$  – регулярная составляющая, вызванная конструктивными силами и моментами;  $M_{ин_1}$  и  $\varepsilon_{ин_1}$  – составляющие, определяемые отдельным функциональным элементом (цилиндром, молотком, ножом, обмоткой и др.);  $\zeta_m$  – угол сдвига по фазе между инерционными составляющими отдельных функциональных элементов согласно их компоновки;  $i_n$  – количество функциональных элементов;  $M_{ин}^{ост}$  и  $\varepsilon_{ин}^{ост}$  – остаточные составляющие, вызванные неуравновешенными силами и моментами.

Элементарная сила инерции (центробежная сила), вызванная дисбалансом  $D_e$ :

$$F_d = D_e \omega^2 = \Delta m \omega^2$$

где  $\Delta$  – элементарный эксцентриситет;  $\Delta m$  – элементарная масса элемента вращающегося механизма, заключенного между двумя бесконечно близкими плоскостями, перпендикулярными к оси вращения.

При этом отклонение инерционной составляющей  $M_{ин} = \omega^2 \frac{dJ_M}{d\varphi}$  вращающего момента и углового ускорения вала на фазовом угле дисбаланса составит:

$$\Delta M_{ин} = F_d \Delta = D_e \omega^2 \Delta = \Delta m \omega^2 \Delta^2;$$

$$\Delta \varepsilon_{ин} = \Delta M_{ин} / J_M = D_e \omega^2 \Delta / J_M = \Delta m \omega^2 \Delta^2 / J_M.$$

Относительные изменения  $M_{ин}$  и углового ускорения:

$$\delta M_{ин} = \Delta M_{ин} / M_{ин} = \Delta m \Delta^2 (dJ_M / d\varphi) = D_e \Delta^2 / (dJ_M / d\varphi);$$

$$\delta \varepsilon_{ин} = \Delta \varepsilon_{ин} / \varepsilon_{ин} = \Delta m \Delta^2 (dJ_M / d\varphi) = D_e \Delta^2 / (dJ_M / d\varphi).$$

Составляющая углового ускорения вала, вызванная дисбалансом, равна

$$\varepsilon_{ин_М}(t) \approx M_{ин} / J_{M0} = D_e \omega^2 \Delta (dJ_M / d\varphi) / J_{M0} =$$

$$= -(\Delta m \omega^2 \Delta^2 / J_{M0}) \sin \Omega_d t = -A_M \sin \Omega_d t \quad (1)$$

где  $\Omega_d = 1/T_0$ ;  $T_0$  – период оборота вала, с.

При измерении углового ускорения вала и анализе по множеству реализаций (оборотов) определение авто- и взаимокорреляционных функций (АКФ и ВКФ), энергетических и взаимных энергетических спектров (ЭС и ВЭС) не вызывает затруднений, так как анализ проводится на интервалах, превосходящих интервал корреляции.

АКФ и ЭС ускорения (1):

$$R_\varepsilon(\tau) = (A^2 / 2) \cos \Omega_d \tau;$$

$$G(\Omega) = (\pi \cdot A^2 / 2) [\delta(\Omega - \Omega_d) + \delta(\Omega + \Omega_d)],$$

где  $\tau = t_2 - t_1$ ;  $\Omega = 2\pi f$ ,  $f$  – частота в герцах;  $\delta(\dots)$  – дельта-функция.

Используя смоделированный в измерительной системе сигнал  $x(t) = A_x \cos \Omega_d t$  можно определить ВКФ и ВЭС функций  $\varepsilon_{\text{ин}}(t)$  и  $x(t)$ :

$$R_{\text{ex}}(\tau) = (A_d / A_x / 2) \cos \Omega_d \tau;$$

$$G(\Omega) = (A_d^2 A_x^2 / 4) [\delta(\Omega - \Omega_d) + \delta(\Omega + \Omega_d)].$$

Следовательно, по АКФ или ЭС, а с учетом известной амплитуды  $A_x$  по ВКФ или ВЭС – можно определить значение дисбаланса. ВКФ и ВЭС с другими неуравновешенными гармониками  $\varepsilon_{\text{ин}}$ , которые имеют угловые скорости (частоты) отличные от  $\Omega_d$  (например, с неуравновешенной составляющей ДВС компоновки 4-Р, кратной второй гармонике частоты вращения ДВС) равны нулю.

Таким образом, получены выражения для оценки неуравновешенных инерционных моментов вращающихся валов двигателей, машин и механизмов с использованием динамической модели ДВС.

Применение корреляционного и спектрального анализа дисбаланса и неуравновешенности машин и механизмов с вращающимися валами в статическом и динамическом режимах позволяет существенно упростить измерение и обработку, так как при этом применяются достаточно просто измеряемые угловые ускорения валов и для получения авто- и взаимокорреляционных функций, энергетических и взаимных энергетических спектров можно применить стандартные компьютерные программы.

### Литература

1. Дерепаскин А.Н., Куваев А.Н., Токарев И.В. Математическая модель для определения конструктивной массы почвообрабатывающего орудия // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2022. – № 16(1). С. 27–33.
2. Годжаев Т.З., Зубина В.А., Малахов И. С. Обоснование функциональных характеристик сельскохозяйственных мобильных энергосредств в многокритериальной постановке // Тракторы и сельхозмашины. – 2022. – т. 89. – № 6. – С. 411–420.
3. Добролюбов И.П., Савченко О.Ф., Альт В.В. Идентификация состояния сельскохозяйственных объектов измерительными экспертными системами / РАСХН, Сиб. отд.-ние, СибФТИ. – Новосибирск. – 2003. 209 с.
4. Добролюбов И.П. Выбор совокупности косвенных диагностических параметров для измерительной экспертной системы ДВС. // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – № 7. – С. 51–53.
5. Добролюбов И.П., Савченко О.Ф., Ольшевский С. Н. Оптимизация обнаружения и измерения параметров ДВС измерительной экспертной системой // Ползуновский вестник. – 2011. – № 2/2. – С. 275–279.
6. Савченко О.Ф., Ольшевский С.Н., Добролюбов И.П. Информационная технология определения технического состояния тракторных двигателей // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010. – № 11. – С. 27–30.
7. Савченко О.Ф., Альт В.В., Добролюбов И.П., Ольшевский С.Н. Развитие средств автоматизации измерений и анализа рабочих процессов при испытаниях ДВС // Двигателестроение. – 2014. – № 2. – С. 26–31.
8. Альт В.В., Ольшевский С.Н., Добролюбов И.П., Савченко О.Ф., Борисов А.А., Орехов А.К. Разработка динамической модели ДВС // Труды ГОСНИТИ. – т. 118. – 2015. – С. 8–15.
9. Савченко О.Ф., Добролюбов И.П. Моделирование процесса идентификации состояния тракторных двигателей // Проблемы вычислительной и прикладной математики. – 2016. – № 4(6). – С. 4–12.
10. Добролюбов И.П., Савченко О.Ф., Альт В.В., Ёлкин О.В., Клименко Д.Н. Точность идентификации состояния двигателей внутреннего сгорания с настраиваемой моделью с помощью измерительной экспертной системы // Вычислительные технологии. – 2021. – т. 26. – № 6. – С. 54–67.

УДК 619:616.99

### ПРИОРИТЕТНЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ИНФЕКЦИИ HELICOBAKTER PYLORI

**Я.О. Шувалова**, аспирант  
ФГБОУ ВО ТГУ им. Г.Р. Державина  
г. Тамбов, Российская Федерация

**Введение.** Распространённость инфекции Нр варьируется в зависимости от географического региона, возраста пациента, его этнической принадлежности и социально-экономического статуса. Распространённость Нр остаётся высокой в большинстве развивающихся стран (70-90%), а так же в отдельных коренных популяциях развитых стран. При этом отмечается снижение распространённости Нр в развитых странах (25-50%), что объясняется повышенным уровнем жизни и улучшением гигиены. В Московской области распространённость этой инфекции (2019) составляет 60,7- 88%, в Санкт-Петербурге 63,6%, в Восточной Сибири достигает 90% [1]. Предлагается множество методов диагностики этого заболевания. Однако в

практике многие из них сложные, трудно реализуемые и мало эффективные. В связи с этим важно привести приоритетные методы диагностирования заболевания Нр.

**Основная часть.** Хеликобактериоз- инфекционное заболевание, поражающее пилорический отдел желудка и двенадцатипёрстную кишку. Его возбудителем является патогенная бактерия. В результате своей жизнедеятельности она формирует вокруг себя «облако» щелочной среды, что позволяет этой бактерии выживать в агрессивной кислотной среде желудка, вызывая ускоренную секрецию соляной кислоты, а так же снижением секреции щелочи в двенадцатиперстной кишке. В результате микроорганизм ещё сильнее колонизирует слизистую оболочку, формирует её повышенную восприимчивость к соляной кислоте и провоцирует воспаление, приводящее к развитию язвенных дефектов [1]. В настоящее время учеными в нашей стране и за рубежом предлагается широкое разнообразие методов и средств диагностики заболеваемости Нр. В этой связи является важным для практикующих врачей привести наиболее доступные, простые в реализации и достаточно точно определяющие заболевание Нр.

Основным проявлением НР является хроническое воспаление желудка. В случае быстрого первичного развития возбудителя острый период Нр длится около 10 дней. Общее состояние больных остаётся удовлетворительным, иногда отмечается кратковременная снижение работоспособности.

Основной жалобой, с которой больные Нр обращаются к врачу, являются желудочные боли. Локализация симптома может меняться и переходить в область расположения двенадцатиперстной кишки. Боли бывают острыми, ноющими, тупыми. Возникают в верхних отделах живота слева и по центру в околопупочной области. Дискомфорт может возникать при длительном голодании, натошак или через определённое время после приёма пищи.

Симптомы проявления Нр зависят от клинической формы заболевания и могут включать: снижение аппетита до полного его отсутствия; тошнота, которая может меняться рвотой со сгустками крови; резкое снижение массы тела, не являющейся нормой; сухость во рту и привкус металла; появление белого налёта на языке; неприятный запах изо рта при отсутствии кариеса;

Следует отметить, что нет никакой другой инфекции в желудочно-кишечном тракте для которой доступен столь широкий спектр диагностических тестов, как в случае инфекции НР. В настоящее время применяют как инвазивные, так и неинвазивные методы диагностики Нр. Инвазивные методы требуют проведения эндоскопии (ЭГДС) и исследование биоптата. Неинвазивные тесты включают тест на антиген Нр в кале и уреазные дыхательные тесты. Благодаря высокой чувствительности и специфичности современные неинвазивные тесты обеспечивают высокую надёжность выявления Нр. Все эти методы имеют свои ограничения и выбор конкретной стратегии тестирования будет зависеть от чувствительности, специфичности, клинических обстоятельствах и экономической эффективности исследования [2].

Эндоскопия с биопсией слизистой оболочки оправдана лишь для проведения бактериологического исследования Нр и оценки чувствительности к антибиотикам. Целесообразность проведения ЭГДС только для диагностики Нр сомнительна [3].

Приоритет первичной диагностики инфекции должен отдаваться неинвазивным диагностическим тестам, в первую очередь дыхательному тесту с  $^{13}\text{C}$ -мочевинной, а также анализу кала на наличие Нр [2]. Непрямым методом диагностики Нр является быстрый уреазный тест (БУТ) на основе выявления уреазной активности бактерии. Этот метод недорогой, занимает мало времени, легко выполняемый и широко доступный, рекомендуется использовать в качестве диагностического метода первой линии [4].

В настоящее время доступны несколько коммерческих тестов на уреазу, в России широко распространены тесты отечественного производства на основе сухого индикатора (тест-системы ХЕЛПИЛ, ООО «АМА»), которые предусматривают предельно простую и быструю (до трех минут) процедуру.

В практике находит применение гистологический метод диагностирования заболевания. Однако чувствительность и специфичность гистологического метода у пациентов в среднем составляет лишь 70% [5]. Применяют так же бактериологический метод, основанный на идентификации возбудителя путем посева из биоптата слизистой оболочки желудка (СОЖ). Бактериологический метод позволяет идентифицировать бактерию, изучить ее морфологические, биохимические и биологические свойства. Основным преимуществом этого метода является возможность проведения тестов на чувствительность Нр к антибиотикам для выбора правильных антибиотиков. Такой метод имеет чувствительность - 76-90%, однако достаточно дорогой, очень трудоемкий, требует соблюдения точной методики исследования [6].

Для изучения генотипических и фенотипических характеристик Нр в образцах биопсии желудка, слюны, стула, желудочного сока, зубном налете применяют молекулярный метод (ПЦР). Обнаружение Нр в образцах кала с помощью ПЦР диагностики показало достаточно высокую чувствительность 83,8%, однако в ряде исследований был выявлен высокий процент ложноположительных результатов [7].

Неинвазивный метод диагностики инфекции Нр-  $^{13}\text{C}$ -уреазный дыхательный тест для выявления Нр впервые был разработан и применен в 1987 году, а в 2000 году  $^{13}\text{C}$ -УДТ был принят в качестве «золотого стандарта» в диагностике Нр. Основным реагентом в данном тесте является водный раствор мочевины, обогащенной изотопом углерода  $^{13}\text{C}$ . При наличии в желудке Нр продуцируемая бактерией уреазы расщепляет поступившую в желудок  $^{13}\text{C}$ -мочевину на аммиак и  $^{13}\text{C}$ -углекислый газ, который затем всасывается в кровь, попадает в лёгкие и выводится с выдыхаемым воздухом, который регистрируется на приборе.  $^{13}\text{C}$ -УДТ предпочтительнее  $^{14}\text{C}$ -УД, поскольку позволяет избежать даже минимального воздействия радиации [8].



В практике применяют так же иммунологический метод - анализ кала на антиген Hр, чувствительность его (94%) и специфичностью (97%). Для исследования необходима небольшая порция стула, причем пробы могут храниться при температуре -20°C неограниченно долго [3].

**Заключение.** В настоящее время применяются различные методы и средства диагностики инфекции *Helicobacter pylori*. Однако приоритет диагностики инфекции должен отдаваться в первую очередь простым, не дорогим, легко доступным в клинической практике неинвазивным методам: дыхательному тесту с <sup>13</sup>C-мочевинной или анализу кала на наличие Hр.

#### Литература

1. www.invitro.ru/bolezni/26304/(дата обращения: 09.08.2023 г.).
2. Каратеев А.Е., Мороз Е.В., Цурган А.В., Гонгаренко Н.В. Нужно ли проводить эрадикацию *Helicobacter pylori* у больных с эрозиями и язвами, возникшими на фоне терапии нестероидными противовоспалительными препаратами? Рос журн гастроэнтерол гепатол колопроктол 2016; 26(6):5- 17.
3. Vergara M., Catalan M., Gisbert J.P. et al. Metaanalysis: role of *Helicobacter pylori* eradication in the prevention of peptic ulcer in NSAID users. Aliment Pharmacol Ther 2005;21:1411-8.
4. Moayyedi P.M., Lacy B.E., Andrews C.N., Enns R.A., Howden C.W., Vakil N. ACG and CAG Clinical Guideline: Management of Dyspepsia. Am J Gastroenterol 2017;112(7):988-1013. doi: 10.1038/ajg.2017.154.
5. Gatenby P., Soon Y. Barrett's oesophagus: evidence from the current meta- analyses. World J Gastrointest Pathophysiol 2014;5:178-87.
6. Raghunath A.S., Hungin A.P., Woo D. et al. Systematic review: the effect of *Helicobacter pylori* and its eradication on gastro-oesophageal reflux disease in patients with duodenal ulcers or reflux oesophagitis. Aliment Pharmacol Ther 2004;20:733-44. 006; 16(2):79-83].
7. Graham D.Y. Efficient identification and evaluation of effective *Helicobacter pylori* therapies. Clin Gastroenterol Hepatol 2009;7:145-8.
8. Саблин О.А., Михайлов Н.В., Юрин М.В., Ильчишина Т.А., Кондрашин А.С., Кобиашвили М.Г., Михайлова И.А., Сварваль А.В., Жибрун А.Б. Первичная резистентность *Helicobacter pylori* к антибиотикам в Санкт-Петербурге. Экспер клин фармакол 2012;(8):18-23.

УДК 631.53.011.3

#### ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ ПРОРАСТАНИЯ ЗАМОЧЕННЫХ СЕМЯН КАПУСТЫ БЕЛОКОЧАННОЙ

С.М. <sup>1</sup>Ведищев, д.т.н., профессор, А.В. <sup>1</sup>Прохоров, к.т.н., доцент, Е.Б. <sup>1,2</sup>Ложкина, аспирант,

В.Н. <sup>1</sup>Зенкин, студент, В.С. <sup>1</sup>Ложкин, студент

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО ТГТУ, г. Тамбов, Российская Федерация

<sup>2</sup> ФГБНУ ВНИИТиН, г. Тамбов, Российская Федерация

**Введение.** Основной задачей любой технологии выращивания сельскохозяйственных растений является получение высоких урожаев. Фундаментом формирования которых является предпосевной период, включающий подготовку семенного материала к посеву и стимулирование первых этапов прорастания [1, 2]

Капуста кочанная — ценная овощная сельскохозяйственная культура, обладающая высокими вкусовыми качествами. Ценность заключается в сочетании основных питательных веществ: азотистых соединений и углеводов, минеральных солей и витаминов. В пищу употребляются листья, образующие кочан, в которых содержатся сахара, пищевые волокна, большое количество минеральных веществ, органические кислоты (лимонная, яблочная, глюконовая, янтарная, хлорогеновая, феруловая, кофейная, тартроновая, муравьиная), ферменты и витамины. В капусте содержится 16 аминокислот. [3]

Одной из характерных особенностей капусты кочанной, влияющей на всхожесть и урожайность, является наличие у них твердых семян и повышенных требований к количеству влаги для набухания и прорастания [4].

Стимулировать прорастание и обеспечить семена необходимым количеством влаги для развития возможно предпосевным замачиванием, путем их погружения и выдерживания в водных растворах. Однако в результате такой предпосевной обработки семена приобретают свойство связанности, переходя в категорию трудно сыпучих семенных материалов, что затрудняет работу высевальных аппаратов существующих посевных машин [5].

Целью исследований является изучение физико-механических свойств семян капусты белокочанной при предпосевном замачивании для совершенствования конструкций существующих высевальных аппаратов и создания новых.

**Материалы и методы.** Исследования энергии прорастания и всхожести проводили на семенах капусты белокочанной сорта «Июньская» [6] согласно действующим стандартам (ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести).

Изменение объема замоченных семян фиксировали в цилиндрической пробирке (50 мл). Семена капусты засыпали до отметки в 10 мл, затем заливали водным раствором до метки в 50 мл. При этом измеряли массу

сухих семян и замоченных при помощи весов Sartogосм CE224-C с погрешностью измерения 0,0001 гр. рисунок 1. Изменение объема замоченных семян проводили каждые 30 минут, данные записывали в таблицу.



Рисунок 1 – Определение массы замоченных семян капусты белокочанной

Замачивание семян проводилось путем их погружения в водный раствор. Проращивание осуществлялось в чашках Петри на ложе из фильтровальной бумаги, смоченной водой, в темноте по 100 штук при температуре 25<sup>0</sup>С [7]. Семена замачивались на 3, 2, 1 час и без замачивания (контроль), рисунок 2. Анализ проводили по четырем пробам каждого варианта.

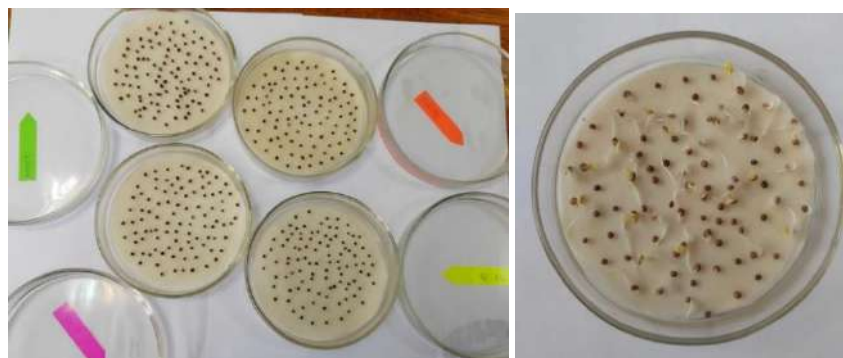


Рисунок 2 – Проращивание семян капусты в чашках Петри

Оценку и учет проросших семян капусты при определении энергии прорастания проводили в течении трех дней, всхожести – восьми дней. [7]

Расчет статистических показателей и математического моделирования проведен с использованием языка Python и библиотеки Matplotlib [8].

Для прогнозирования и моделирования процесса прорастания семян можно использовать функции Гомперца, Вейбулла, логистические и др. с различным числом параметров, [9] для более адекватного прогнозирования и моделирования процесса прорастания воспользуемся расчетом и построением логистической регрессии с тремя параметрами:

$$f(x) = \frac{d}{1 + e^{-b \cdot (\lg(x) - \lg(c))}} \quad (1)$$

где  $d$  – верхний предел проросших семян;  $b$  – угол наклона кумулятивной кривой;  $c$  – время прорастания 50% популяции семян, сут.

**Результаты и обсуждения.** Данные об изменении объема семян капусты в процессе замачивания представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Среднее изменение объема семян в зависимости от времени замачивания

Время замачивания семян, мин	Объем семян, мл
0	10
30	13
60	16
90	18
120	19
150	20
180	21
210	21
240	21
270	21

В результате экспериментальных исследований насыпная плотность воздушно – сухих семян капусты составила  $781 \text{ кг/м}^3$ , а замоченных: 3 часа –  $905 \text{ кг/м}^3$ , 2 часа –  $883 \text{ кг/м}^3$ ; 1 час –  $864 \text{ кг/м}^3$ .

Прорастание семян, характеризуется изменением абсолютной величины признака (показателя). При этом графическое изображение, с условием большого числа наблюдений, охватывающих весь процесс, выглядит как S – образная кривая. Такая сигмовидная кривая, впервые выявленная Ю. Саксом, впоследствии признана характерной для большинства процессов роста и развития биологических объектов. [9]

Показатель «начало прорастания» можно характеризовать как момент появления первого проросшего семени от момента укладки семян на субстрат. в данном случае это 2 суток.

На рисунках 3 показано прорастание семян капусты в динамике. При этом ход прорастания находился под контролем в течение всего периода исследования. Время отсчитывали с момента укладки семян на субстрат. Из анализа графиков рисунка 3 видно, что всхожесть замоченных семян капусты на 1–6 % выше, чем у воздушно-сухих. Энергия прорастания у замоченных семян капусты (1 час) на 5–9 % выше, чем у остальных вариантов, при этом моделирование процесса прорастание показало, что 50% популяции появилось через 2,25 суток с момента укладки семян на субстрат – это на 20–25 % выше, чем в остальных вариантах. Также число сгнивших семян при замачивании составило 1–3%, а воздушно-сухих – 11 %.

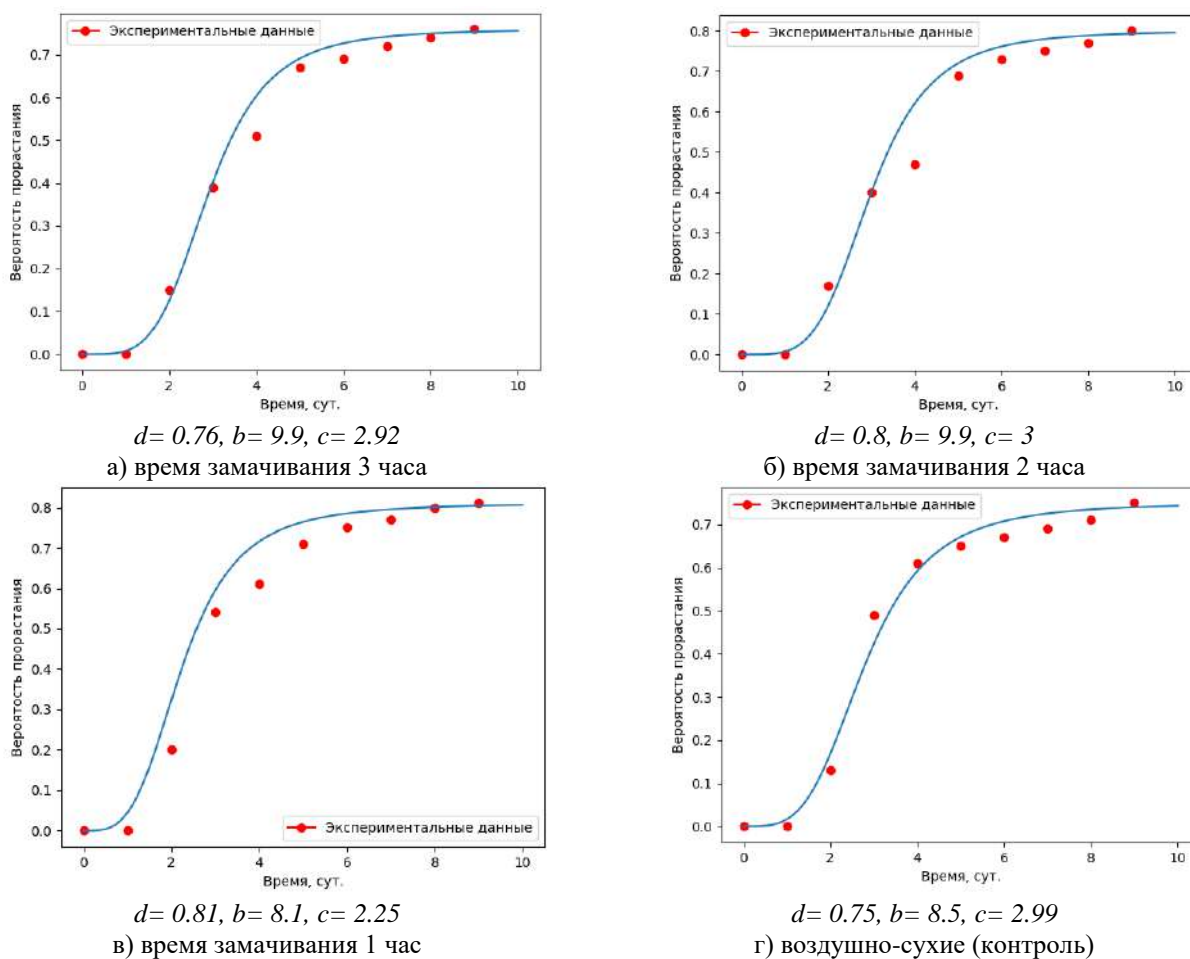


Рисунок 3 – График логистической регрессии (1) прорастания популяции семян капусты

**Заключение.** Установлено, что применение предпосевной обработки замачиванием оказывает положительное влияние на увеличение всхожести, составившей 81 %. Увеличение всхожести в разных вариантах опытов наблюдалось на 6 %, при этом происходило увеличение энергии прорастания на 5–9 % в тех же вариантах опытов. Определен оптимальный период предпосевого замачивания семян капусты, который составил 1...2 часа.

Полученные значения изменения физико–механических свойств и кинематики прорастания замоченных семян капусты можно использовать для определения конструктивно-режимных параметров работы гидравлического высевающего аппарата.

### Литература

1. Шагеева, Н. М. Стимулирование роста всходов многолетних трав для повышения их конкурентоспособности в условиях Приангарья : автореф. канд. сх. наук: 06.01.09 / Шагеева Надежда Марсильевна – Новосибирск, 2007- 19 с.
2. Крючин, Н. П. Влияния предпосевной обработки замачиванием на всхожесть семян эспарцета песчаного / Н. П. Крючин, О. А. Артамонова // Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях : Материалы VIII Международной научно-практической конференции, Саратов, 21–22 апреля 2021 года. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2021. – С. 434-437.
3. Сельское хозяйство. Капуста кочанная [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://universityagro.ru/овощеводство/капуста-кочанная/> (дата обращения: 24.02.2023).
4. Болкунов, А. И. Безрассадное возделывание капусты белокочанной / А. И. Болкунов // Приоритетные направления развития современной науки молодых учёных аграриев : материалы V-ой международной научно-практической конференции молодых учёных, посвящённые 25-летию ФГБНУ "Прикаспийский НИИ аридного земледелия", с. Солёное Займище, 11–13 мая 2016 года. – с. Солёное Займище: Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия, 2016. – С. 354-357.
5. Крючин, Н. П. Разработка и исследования устройства для высева замоченных семян донника белого / Н. П. Крючин, О. А. Артамонова // Методология развития управления, экономики и образования : монография. – Пенза : Автономная некоммерческая научно-образовательная организация «Приволжский Дом знаний», 2022. – С. 151-162.
6. Рябцева, Т. Г. Коэффициент водопотребления капусты белокочанной поздней сорта "Амагер 611" / Т. Г. Рябцева // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 5-6(47). – С. 57-59. – DOI 10.18454/IJR.2016.47.163.
7. ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. – М.: Стандартинформ, 2011. – 64 с.
8. Matplotlib: Visualization with Python [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://matplotlib.org/> (дата обращения: 24.07.2023).
9. Бухаров, А. Ф. Кинетика прорастания семян. Методы исследования и параметры / А. Ф. Бухаров, Д. Н. Балеев, А. Р. Бухарова // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 2. – С. 5-19.

УДК 636.085.5

### ОСНОВНЫЕ ВИДЫ КОРМОВ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В КОРМЛЕНИИ КРУПНОРОГАТОГО СКОТА

А.Е. Замазий, студент, А.Л. Евстратенко, студент

ФГБОУ ВО Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия

г. Кемерово, Российская Федерация

Питание является важнейшим фактором здоровья животных. От правильно составленного рациона зависит работа внутренних органов, репродуктивной системы, рост, обновление тканей тела, поддержание теплового баланса, продуктивность и производительность предприятия. Рацион должен быть качественный, разнообразный, наполненный необходимыми макро-, микронутриентами и обменной энергией.

Корма классифицируются по происхождению: растительные и животные. Растительные корма выступают основным источником питания в жвачный период. Растительные корма богаты клетчаткой, влагой, экстрактами, витаминами, все эти вещества необходимо для нормального функционирования организма животных и для системы пищеварения. При этом растительные корма, в зависимости от основных свойств можно подразделить на: концентрированные (зерновые злаковые и зернобобовые), грубые (сено, солома, мякина), сочные (силос, сенаж, зеленый корм) и производственные отходы (отруби, жмых, шрот, пивная дробина и др.). Корма животного происхождения – это побочные продукты переработки животных, рыб и молока. [3].

Концентрированные растительные корма в основном применяются для улучшения качества мясной продукции. Основными культурами, вводимыми, в рацион являются: ячмень, рожь и пшеница, также используют зерно кукурузы.

Сочные корма имеют в составе большое количество жидкости, чаще всего это корнеплоды: картофель, свёкла, трава, силос. Сочные корма идеально подходят в рацион крупнорогатого скота. Основным видом сочных кормов выступает силос. Силос – это недорогой, легкий в хранении и максимально питательный корм, получаемый в результате брожения силосной массы в молочной кислоте [4].

Состав грубых кормов богат клетчаткой: сено, веточный корм, солома. Благодаря использованию этого концентрированного корма у животных может улучшиться работа кишечника. При этом, благодаря своему составу грубые корма влияют на развитие опорно-двигательного аппарата, на рост костей, вырабатывают также иммунитет. Грубые корма используются при кормлении крупнорогатого скота и овец. Такой корм получают в результате специальной сушки скошенной травы и в последствие хранят полученный биоматериал в темных помещениях [2].

Следующий вид корма – пищевые отходы. При их использовании следует проявлять осторожность, так как туда могут попасть мясные и рыбные продукты или же полуфабрикаты плохого качества, что может привести к тяжёлым отравлениям и гибели животных [5].

Необходимым элементом питания сельскохозяйственных животных является корм животного происхождения. Животные корма включают в свой состав минеральные вещества, витамины А, D, В12, В2, которые позволяют достичь высокой продуктивности молока и мяса.

Для того, чтобы повысить продуктивность сельскохозяйственных животных необходимо соблюдать качество и разнообразие рациона. При этом, в зависимости от возраста животных отличается и их корм, так молодяку в рационе питания необходимо наличие корма животного происхождения, который богат жирами, белками в большей степени, чем растительные корма.

На практике нужно проводить анализ кормов, чтобы оценить их качество.

Таблица 1 отражает необходимые показатели качественного состава корма.

Чтобы узнать, какое количество воды содержится в корме, необходимо высушить навеску с кормом до постоянного веса при температуре +105 °С.

В каждом корме объем воды значительно колеблется. Много жидкости содержат корне- и клубнеплоды, силос, зеленая трава, а также остатки технических производств (например, барда, жом, картофельная мезга и др.). Так, в кормовой свекле содержится до 86 % воды, в силосе – 75–78 %, в луговой траве – до 75 %. Таким образом, вода в организм животного попадает с пищей или же в чистом виде – при питье. При недостатке жидкости у сельскохозяйственных животных наблюдаются трудности с пережевыванием пищи, сгущение крови, более медленным становится процесс пищеварения, нарушается обмен вещества.

Таблица 1 – Обзор качественного состава корма.

		Анализ Венде	Анализ по Ван Соесту				
Вода и другие жидкие вещества	Неорганическое вещество	Сырая вода					
		Сырая зола (ХА, СЗ)					
		Сырой протеин (ХР, СЖ)					
		Сырой жир (ХЛ, СЖ)					
		Сухое вещество (Т, СВ)	Органическое вещество	БЭВ (безазотистые экстракционные вещества)	Крахмал		Неструктурные углеводы (NFC, HCY)
					Сахар, пектины и др.		
					Органический остаток		
				Сырая клетчатка	Гемицеллюлоза		Структурные углеводы (NDF, HDK)
					Целлюлоза	Кислотно стабильная клетчатка (ADF, КДК)	
		Лигнин	Кислотно стабильный лигнин (ADL, КДЛ)				

NFC, HCY – неструктурные углеводы  
 NDF, HDK – нейтрально детергентная клетчатка  
 ADF, KDK – кислотно детергентная клетчатка  
 ADL, KDL – кислотно детергентный лигнин

Основой любого корма является вода и сухая смесь (рисунок 1) [6-8].

Сухим веществом называют остаток, который получают после высушивания навески корма. Его основными компонентами являются жиры, различные минеральные вещества, протеин и углеводы. В таблице 2 показано содержание углеводов в некоторых кормах.

Если в организм животного вместе с кормом попадает недостаточный объем сухого вещества, то желудочного сока выделяется меньше, пища плохо проходит по желудочно-кишечному тракту и животное начинает чувствовать голод. Поступление слишком большого количества сухого вещества также вредно для организма особи, так как прохождение пищи, наоборот, ускоряется, а это, в свою очередь, приводит к тому, что переваримость и усвояемость питательных веществ понижается.

В организме животного большую роль играют белки, поэтому они являются необходимой частью сухого вещества корма. Рассчитывая рацион животных, нужно иметь в виду, что их пища должна быть обогащена достаточным количеством полноценного перевариваемого протеина (рисунок 1).

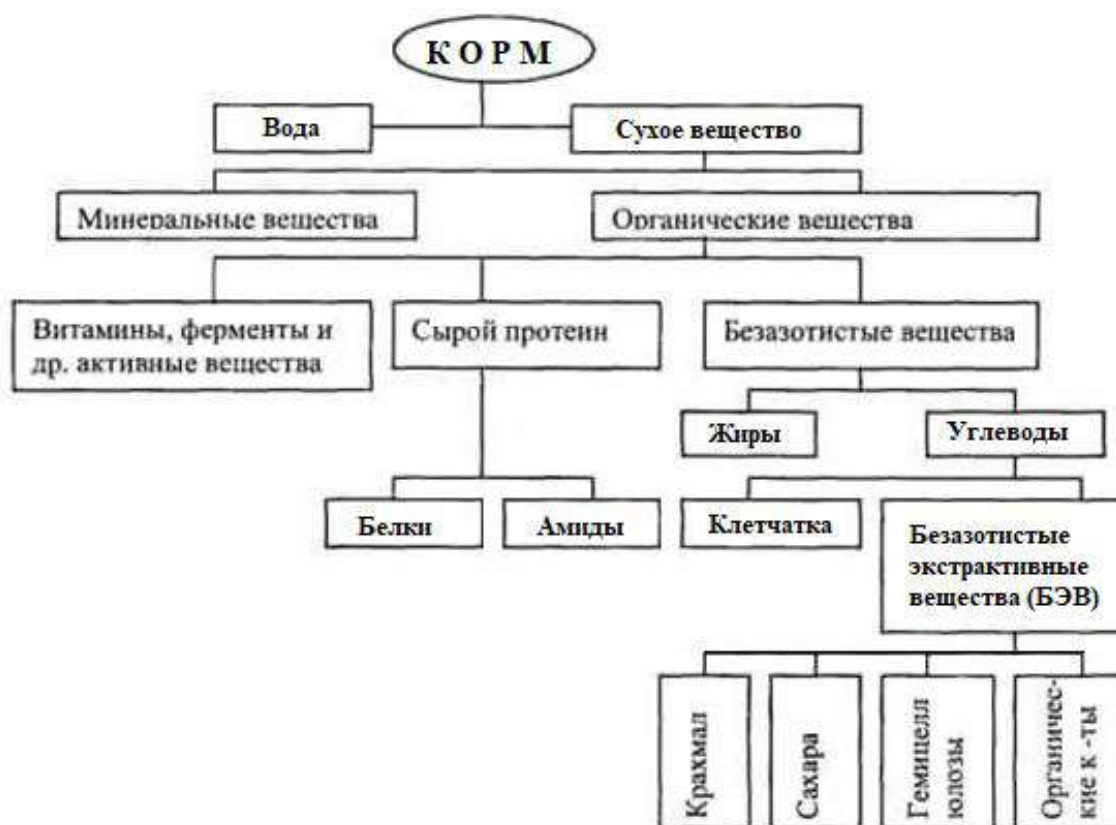


Рисунок 1- Схема зоотехнического анализа кормов

Таблица 2- Содержание углеводов в некоторых компонентах кормов (% сухого вещества)

Корм	Легко гидролизующиеся углеводы (% сухого вещества)			
	суммарно	крахмал	сахар	
Зерно	кукуруза	71,75	51,21	2,77
	овес	52,16	39,98	2,71
	пшеница	75,54	57,74	5,23
	рожь	55,67	41,61	6,08
	ячмень	69,85	51,03	3,59
	горох	58,07	36,75	5,12
Трава	пшеница	30,55	2,47	14,15
	люцерна	19,10	3,19	4,68
Силос кукурузный	33,83	8,48	1,34	
Свекла кормовая	-	2,94	56,29	
Картофель	72,70	53,23	7,25	

Особенно он нужен свиньям и птице, так как многие незаменимые аминокислоты их организм синтезировать не может [9]. Белки, которые содержат достаточный объем незаменимых аминокислот и обеспечивают нормальный рост молодняка, называют полноценными. Белки, в основе которых заменимые аминокислоты, синтезируемые в организме животного, называют неполноценными. В работе [9] было установлено, содержание общего белка в пробах из туши крупнорогатого скота (говядине) составляет 18,46 %, из них среднее содержание водорастворимых белков составляет 6,48 %; солерастворимых – 8,11; щелочерастворимых – 3,24 %. В цельной крови содержание общего белка составляет 21,97 %; в сыворотке крови – 14,83, в образцах цельного молока – 2,63; в сыре – 15,85 %. Анализ кормов выявил, что объем перевариваемого протеина в 1 кг корма колеблется в следующих пределах, г :кукурузный силос - 14.овсяная мякина -29; зерно кукурузы - 78; овсяная солома - 14; пшеничные отруби - 130; клеверное сено - 79; подсолнечный жмых - 396; сахарная свекла - 12; люцерновое сено – 116. Надо иметь в виду, что недостаток, и избыток протеина ведет к снижению ценности корма, а значит, к повышению себестоимости продукции.

В основе сухого вещества корма также лежат углеводы [6-9]. Они создают условия для нормальной терморегуляции, входят в состав тканей организма, способствуют работе мускулатуры животного и

образованию жира в молоке и теле. Углеводы содержатся в крахмале, сахаре, клетчатке, которые входят в состав растительных кормов. При анализе кормов для животных было установлено, что дефицит легкоперевариваемых углеводов (крахмала и сахара) в корме нарушает углеводно-жировой обмен. Избыток приводит к нарушению их перевариваемости. Чем больше ее в корме, тем он менее питателен. Но клетчатка очень важна в процессе пищеварения животных: при недостаточном количестве снижается образование микрофлоры и активизируются микробные процессы в рубце, нарушается работа органов пищеварения. В рационе молочных коров объем клетчатки в сухом веществе должен составлять 22 %, в рационе свиней – от 7 до 10 %, в рационе птицы – от 5 до 7 %. Нарушение нормы приводит к плохой перевариваемости и усвояемости корма.

Больше всего клетчатки содержат грубые корма. Так, в соломе злаков ее 25–40 %, в сене – 20–30 %. Очень мало клетчатки в корне- и клубнеплодах – 0,2–2 %.

Необходимы в рационе животного и жиры [6-9]. Несмотря на то, что они образуются из углеводов, содержащихся в корме, некоторые жирные кислоты в составе природных жиров являются незаменимыми, то есть не могут синтезироваться в организме. Если в организме сельскохозяйственных животных недостаточно жира, это приводит к авитаминозам, заболеваниям кожи, нарушению способности к воспроизводству. Избыток жира способствует нарушению пищеварения, увеличению жировых отложений, что в свою очередь замедляет рост молодых животных, снижает молочность у лактирующих особей, понижает половую активность племенных производителей, ухудшает качество мяса и сала. Большое количество жира в жмыхе, зернах масличных культур, в отрубях, овсе, кукурузе. В грубом корме и корнеклубнеплодах его мало.

Содержание минеральных веществ в кормах находится в границах от сотых до десятых долей процента для макроэлементов (магний, фосфор, кальций, сера, калий, хлор). Наличие микроэлементов колеблется от тысячных до стотысячных долей процента. Наиболее необходимыми являются железо, марганец, медь, цинк, йод, кобальт и др.

Продуктивность животных напрямую зависит от качества их питания. Поэтому так важна роль зоотехнической лаборатории, которая должна быть в любом животноводческом комплексе. Она необходима для того, чтобы определять кормовую и энергетическую ценность кормов (количество белков, жиров, углеводов, золы, микро- и макроэлементов, наличие витаминов, влажность корма и т. д.), а также контролировать их безопасность (проверять на наличие пестицидов, тяжелых металлов, микотоксинов).

Существует два современных подхода в исследовании кормов: химический анализ; инфракрасная спектроскопия. Применение метода инфракрасной спектроскопии рационально в лабораториях, где требуется проведение анализа большого количества образцов (такие отделы создают обычно на базе хлебных инспекций, крупных ветеринарных хозяйств), в качестве дополнительного средства анализа корма, так как он основан на химическом исследовании, используемом для построения градуировочных кривых. В противном случае данные инфракрасной спектроскопии могут оказаться недостоверными. Кроме того, посредством этого метода нельзя определить показатели содержания витаминов и микроэлементов, а также узнать, насколько безопасна продукция.

Таким образом, продуктивность животных напрямую зависит от качества и сбалансированности кормов.

### Литература

1. Батанов С. Использование свекловичного жома, обработанного закваской Леснова, в кормлении коров / С. Батанов, Е. Кислякова, Г. Березкина // Молочное и мясное скотоводство. – 2011. – № 3. – С. 29–30.
2. Кислякова Е.М. Кормовая база – залог эффективного ведения молочного скотоводства Удмуртской Республики / Е.М. Кислякова, Ю.В. Исупова, С.Л. Воробьева, С.И. Коконов // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2014. – Т. 218. – № 2. – С. 135–140.
3. Кислякова Е.М. Использование кормовой добавки на основе природного местного сырья в кормлении коров / Е.М. Кислякова, А.А. Абашева, Е.В. Ачкасова // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства сборник научных трудов. – Горки: УО Белорусская ГСХА, 2016. – С. 78–83.
4. Кислякова Е.М. Практикум по кормлению сельскохозяйственных животных: учебное пособие для студентов вузов / Под редакцией Е.М. Кисляковой, Г.М. Жук. – Ижевск, 2007.
5. Любимов А. Просо – перспективная кормовая культура в Западном Предуралье / А. Любимов, Е. Кислякова, С. Коконов // Молочное и мясное скотоводство. – 2008. – № 6. – С. 29–31.
6. Зоотехнический анализ кормов: учебное пособие / Л.Н. Дулепинских, Л.В. Сычѐва, О.Ю. Юнусова, А.Н. Попов; Министерство науки и высшего образования РФ, ФГБОУ ВО «Пермский аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова». – Пермь : ИПЦ «Прокрость», 2022 – 91 с. ; ил. ; 20 см. ISBN 978-5-94279-569-6.
7. Черепок, Ж.М. Зоотехнический анализ и качественная оценка кормов / Ж.М. Черепок. – Издательство: Приморская государственная сельскохозяйственная академия, 2008 – 147 с.
8. Козина, Е.А. Зоотехнический анализ кормов: учеб. пособие/ Е.А. Козина; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2012 –116 с.
9. Просеков А.Ю., Позднякова Ю.В. Исследование состава и свойств белков животного происхождения биологических объектов и молочных продуктов многокомпонентного состава// Вестник КрасГАУ.-2014. №8. – С.1-7.

УДК 634.1-13

**КЛАССИФИКАЦИЯ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ ОТРАСТАЮЩИХ ПОБЕГОВ В КОРНЕСОБСТВЕННЫХ МАТОЧНИКАХ**

**М.К. Манаенков**, аспирант, **В.Ю. Ланцев**, д.т.н., доцент, **И.А. Дробышев**, к.т.н., доцент  
ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ  
г. Мичуринск, Российская Федерация

**Введение.** Для механизации технологических операций в корнесобственных маточниках необходима специальная техника. Ее отсутствие в питомниково-водческих хозяйствах приводит к тому, что современная технология выращивания клоновых подвоев является крайне трудоемкой (рисунок 1) [5]. Поэтому в различных НИИ, вузах, в самих хозяйствах, пытаются разрабатывать машины, позволяющие механизировать трудоемкие процессы. Однако имеющийся опыт создания таких машин крайне разрознен. Нет обоснованных закономерностей и четких рекомендаций по конструктивно-режимным параметрам работы.

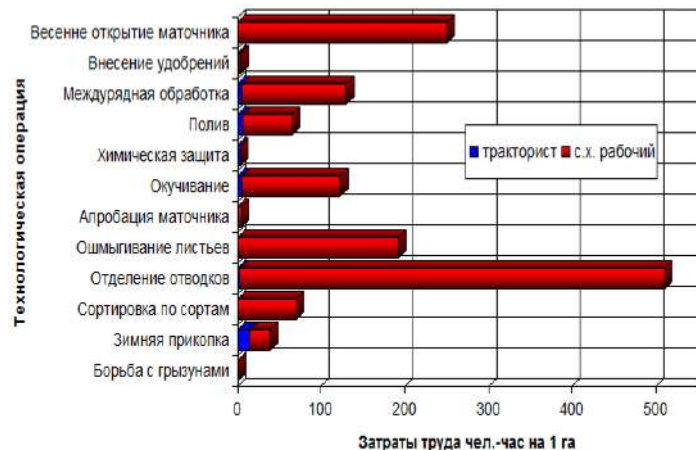
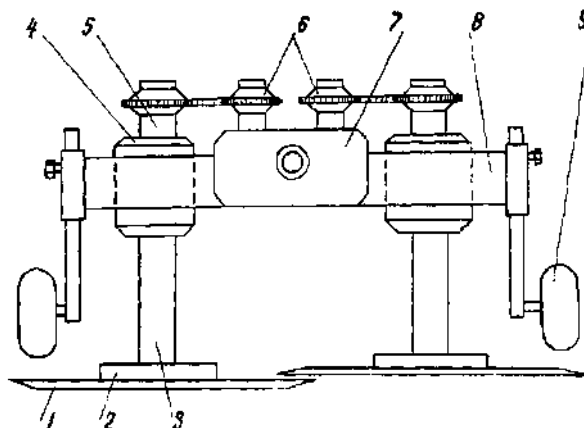


Рисунок 1 – Трудоемкость выращивания клоновых подвоев яблони

Операция отделения отводков вегетативно размножаемых подвоев от маточных растений является ответственным этапом технологического процесса их производства, наиболее затратным в современных условиях. Цель исследований – провести анализ известных устройств для отделения отрастающих побегов, составить их классификацию по ряду признаков, проследить направления совершенствования для поиска конструкций, которые по своим качественным показателям наиболее полно отвечают предъявляемым требованиям.

**Основная часть.** Для отделения корней, кочерыг, ветвей растений известны различные машины и орудия, отличающиеся конструкцией режущих рабочих органов и вспомогательных механизмов. Общим требованием для них является обеспечение качественного среза без дополнительного измельчения и травмирования разделяемых объектов.

В работе [3] приводится описание машины для отделения отводков в корнесобственном маточнике. Устройство содержит (рисунок 2) два вращающихся навстречу друг другу режущих диска 1, смонтированных на ступицах 2, установленных на вертикальных осях 3.



1 – режущие диски; 2 – фланцы; 3 – ведомые валы; 4 – ступицы; 5 – ведомые звездочки; 6 – ведущие звездочки; 7 – редуктор конический; 8 – рама; 9 – опора регулировочных колес

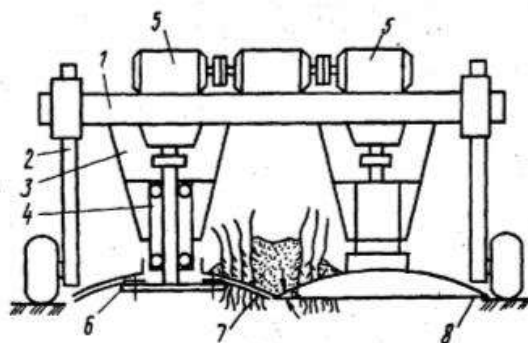
Рисунок 2 – Машина для отделения отводков в корнесобственном маточнике



Указывается, что из-за встречного вращения режущая кромка одного диска является противорежущей для другого. Привод осуществляется от ВОМ трактора посредством конических редукторов 4, 7 и цепных передач 6. Высота резания задается перестановкой опорно-регулирующих колес 9 относительно рамы 8.

В работе ряд растений находится между колес агрегата. При его движении отводки режущими дисками отделяются от маточных растений без предварительного разокучивания корневой системы и проталкиваются по рабочим органам за счет естественного подпора укрывного субстрата.

Недостатком приведенной конструкции является повторное резание отделенных побегов и маточных растений задними частями дисков.



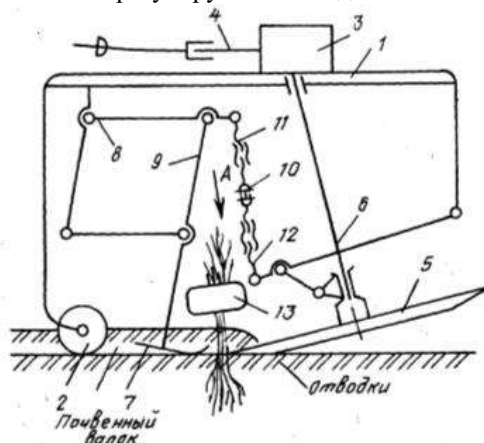
1 – рама; 2 – опорно-регулирующие колеса; 3 – стойки рабочих органов; 4 – валы приводные; 5 – редукторы; 6 – ступицы; 7 – ножи; 8 – диски сферические с почвозацепами

Рисунок 3 – Машина для отделения отводков МОО-1

В Мичуринском ГАУ разработана машина МОО-1 для отделения отводков без разокучивания почвенного вала [7]. Она содержит (рисунок 3) раму 1 с закрепленными на регулируемых по высоте стойках 2 опорными колесами, режущие аппараты 3 с вертикальной осью вращения навстречу друг другу. Режущие аппараты выполнены в виде закрепленных на ступицах 6 двух дугообразных ножей 7, над которыми свободно установлены выпуклые диски 8 с почвозацепами.

Агрегат сдвигает ряд растений. Высота резания устанавливается опорными колесами. При движении машины почвозацепы дисков внедряются в почву укрывного вала. За счет подпора она поступает на сферические диски, разгружая активные ножи. Отделенные отводки вместе с почвой выносятся в междурядье.

В Украинском НИИ садоводства разработан отделитель клоновых подвоев [2, 3], состоящий (рисунок 4) из рамы 1 с опорно-регулирующими колесами 2, подвижный в осевом направлении дисковый нож 5, закрепленный на наклонном по ходу движения вала 6. Привод осуществляется от ВОМ трактора посредством углового редуктора 3 с карданным валом 4. Симметрично оси 6 дискового ножа 5 в поперечной плоскости на расстоянии, превышающем ширину почвенного вала, расположены два копира с опорными ползками 7, параллелограммными механизмами, образованными рычагами 8, 9, связанными между собой и с ножом 5 поперечным двуплечим рычагом 10 регулируемым по длине тягами 11, 12.



1 – рама; 2 – опорные колеса; 3 – редуктор; 4 – карданные валы; 5 – дисковый нож; 6 – вал привода; 7 – копир; 8, 9 – параллелограммная подвеска; 10 – двуплечий поперечный рычаг; 11, 12 – тяги; 13 – вальцы

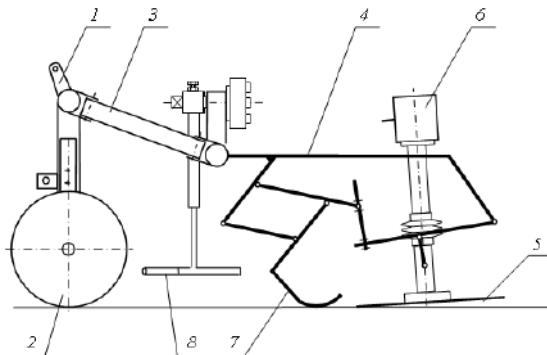
Рисунок 4 – Отделитель клоновых подвоев

В работе агрегат движется над рядом растений. Дисковый нож отделяет отводки, удерживаемые с двух сторон вальцами 13, от маточных растений. Благодаря кинематической связи, при подъеме или опускании

полозов из-за неровностей микрорельефа, нож также опускается или поднимается. Тем самым обеспечивается постоянный угол наклона ножа при копировании микрорельефа.

Отделенные побеги проталкиваются по рабочему органу при движении за счет естественного подпора и тоже могут подвергаться повторному резанию.

В научно-техническом центре «ИнТех» разработан технологический модуль ОО для отделения отводков [8], универсального комплекса для маточников УKM (рисунок 5). Отличительной особенностью модуля является то, что дисковый нож 5 с приводом 6 снабжен копирующим механизмом 7 и установлен на подвижной раме 4, присоединенной к навеске 1 посредством параллелограмного механизма 3. Машина снабжена автонаправителем 8.



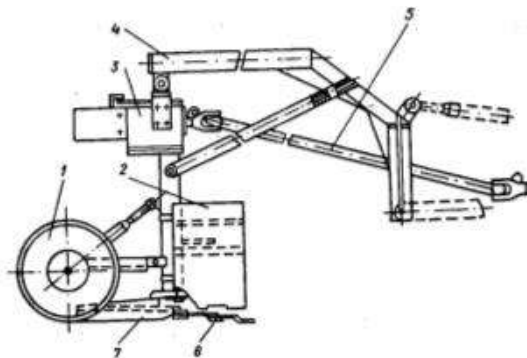
1 – навеска; 2 – опорно-регулируемые колеса; 3 – параллелограмный механизм; 4 – рама подвижная; 5 – дисковый нож; 6 – привод; 7 – копирующий механизм; 8 – автонаправитель

Рисунок 5 – Схема технологического модуля ОО для отделения отводков универсального комплекса УKM

В работе агрегат движется над рядом растений, автонаправитель ориентирует нож по осевой линии, а копирующий механизм удерживает его на требуемой высоте над маточной косичкой. Отделенные побеги отбрасываются в междурядье.

С целью обеспечения контроля за качеством среза и исключения нагрузки со стороны укрывного вала на дисковый нож перед отделением отводков корневую систему побегов раскрывают.

Для омолаживающей обрезки ягодных кустарников предназначена машина ОКС-0,9 [1]. Она состоит (рисунок 6) из опирающуюся на колеса 1 с возможностью регулировки положения рамы 4, на которой смонтирован режущий аппарат с приводом от ВОМ трактора через карданный вал 5 и конический редуктор 3. Режущий аппарат выполнен в виде диска с вертикальной осью вращения и четырьмя шарнирно-закрепленными ножами 6. Спереди по ходу движения над ножами установлен отвал 2, сзади они прикрыты защитным кожухом 7.



1 – опорные колеса; 2 – отвал; 3 – редуктор; 4 – рама; 5 – карданный вал; 6 – режущий аппарат; 7 – защитный кожух

Рисунок 6 – Машина ОКС-0,9 для омолаживающей обрезки

Агрегат перемещается над рядом растений. Ножи срезают на уровне почвы отросшие побеги, а отвал смещает их в междурядье. Защитный кожух предотвращает травмирование срезаемой массы.

В литературных источниках отсутствуют данные о возможности использования ОКС-0,9 для отделения отводков вегетативно размножаемых подвоев от маточных растений. Очевидно, из-за вертикальной оси вращения режущего аппарата, следует ожидать повреждений маточных кустов.

ООО «Компания «Ньютехагро» предлагает комбайн для выкапывания и срезки верхней части саженцев (рисунок 7). Машина подключается к трактору консольно с помощью трех узлов крепления [10]. Подрезающий дисковый нож с зубьями имеет возможность вертикального перемещения при помощи электрогидравлической системы, управляет которой оператор. Отделенные отводки захватываются конвейером и перемещаются на площадку, где рабочие увязывают их в пучки и укладывают.



Рисунок 7 - Машина для выкапывания и срезки верхней части саженцев SP 2000 TXC

Обзор известных машин для отделения отводков клоновых подвоев позволил составить их классификацию по ряду признаков (рисунок 8), проследить направления их совершенствования и предложить, на наш взгляд, наиболее рациональную конструкцию.

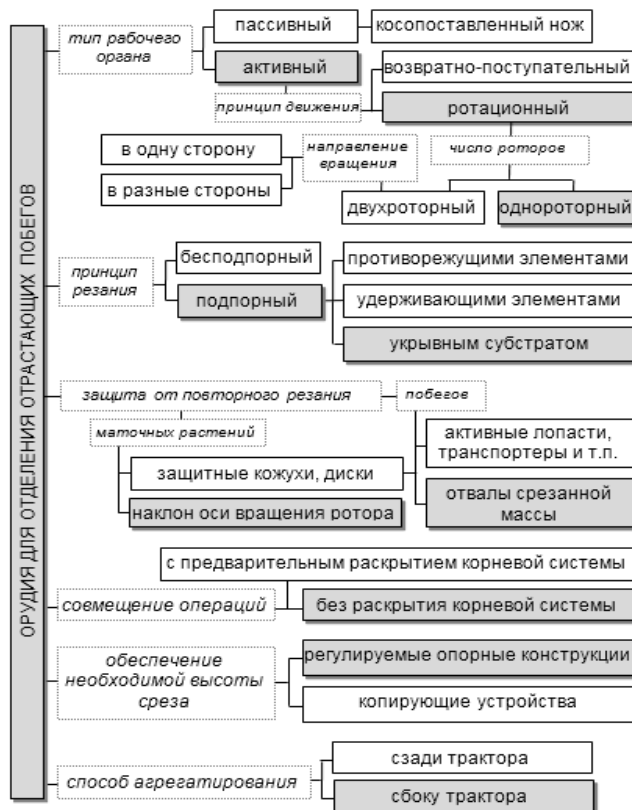


Рисунок 8 – Классификация устройств для отделения отводков

Известно [4, 6, 9], что отделение отводков от маточных растений вегетативно размножаемых подвоев выполняют осенью, в конце сентября – начале октября, когда в зоне валка образуется мощная корневая система отросших побегов. Перед отделением побеги ошмыгивают.

Наибольшее распространение для механизированного отделения отводков получили орудия с активными рабочими органами роторного типа, осуществляющие резание с подпором. Подпор может осуществляться противорежущими ножами или удерживающими элементами. Анализ известных машин показывает, что многие из них имеют достаточно сложную конструкцию: более одного ротора, противорежущие сферические диски приводного, либо бесприводного вращения и т.п.

Для снижения абразивного воздействия на режущие элементы почвенный валок перед отделением отводков разокучивают, что повышает трудоёмкость производства. При отрезании побегов с раскрытой корневой системой часто выдергиваются маточные кусты, что приводит к изреживанию маточника.

Такие же последствия на практике отмечаются при использовании крестовидных шарнирно установленных, либо неподвижных ножей. Обусловлено это большой подачей и, как следствие, силой резания, приходящимися на каждый нож.

С учетом сказанного, целесообразнее проводить отделение побегов от маточных растений без раскрытия корневой системы. Тем более, что в качестве укрывных субстратов в современных технологиях используют перепревшие опилки, торф, рисовую шелуху, абразивное воздействие которых сравнительно не велико. При этом обеспечивается естественный подпор при резании, усиливается закоренность маточных кустов, снижается общая трудоёмкость производства клоновых подвоев.

Необходимая высота среза в существующих устройствах достигается регулировкой положения опорных колес или полозов, закрепленных на раме вблизи отделяемого растения. При этом некоторые конструкции снабжены механизмами, копирующими микрорельеф и регулирующими заглубление рабочих органов. Последние приводят не только к усложнению конструкции. Их целесообразность оспаривается практиками, так как при закладке маточных растений и перед механизированным отъемом побегов междуядья культивируют, тщательно заделывая неровности.

Для исключения повторного резания отделенные побеги проталкиваются активными лопастями, барабанами или транспортерами из зоны резания. Дополнительное воздействие на них часто приводит к повреждениям.

Для перемещения в бок используют и обычные отвалы. Причем при отделении отводков без раскрытия корневой системы последнее является предпочтительным: меньше разрушается укрывной субстрат, корневая система отделенных побегов остается прикрытой, что позволяет при необходимости увеличить время их сбора и сортировки.

Еще один недостаток известных машин заключается в способе агрегатирования. В большинстве конструкций режущий рабочий орган расположен сзади агрегата, который седлает ряд растений. Агротехнический просвет трактора составляет 0,4-0,6 м. При окучивании маточной косички высота вала достигает 0,3 м и соответственно расстояние между валком и нижней точкой трактора не превышает 0,3 м. Высота отводков к моменту отделения может превышать 1 м и при прохождении агрегата они подгибаются до 60-75°, могут надламываться и повреждаться.

Заднее расположение рабочего органа затрудняет визуальный контроль оператора за процессом отделения. Вот почему наилучшие отзывы в питомниководческих хозяйствах получила машина SP 2000 ТХС (см. рис. 7) с консольным расположением рабочего органа. И только ее высокая стоимость сдерживает широкое использование в производстве.

**Заключение.** Таким образом, наиболее перспективен для отделения отводков от маточных растений вегетативно размножаемых подвоев консольно расположенный рабочий орган роторного типа, обеспечивающий подпорное резание без предварительного раскрытия корневой системы побегов, защиту от повторного перерезания и укладку срезанной массы, ориентированной в одном направлении удобном для последующего сбора.

#### Литература

1. Аниферов, Ф.Е. Машины для садоводства / Ф.Е. Аниферов, Л.И. Ерошенко, И.З. Теплинский. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Агропромиздат. Ленингр.отд-ние, 1990. – 304 с., ил.
2. А.с. 1191014 SU, МКИ4 А 01 D 23/02. Устройство для отделения отводков от корней растений /С.Г. Фрышев; А.М. Кротов; А.С. Коцюбейник и П.И. Алдушин (SU). – №3639686/30-15; заявл.15.07.83; опубл. 15.11.85. Бюл. № 42. – 3 с.: ил.
3. Изобретатели и рационализаторы – садоводам: Справочное изд./ Сост. Беренштейн И.Б. – Симферополь: Таврия, 1989. – 208 с.: ил.
4. Конопелько А.Н. Основные компоненты технологии производства клоновых подвоев яблони в маточнике горизонтальных отводков с использованием мульчирующего материала: Основные итоги и перспективы научных исследований ВНИИС им И.В. Мичурина (1931-2001 гг.): Сб. науч. трудов. – Т.2. – С. 137-142.
5. Ланцев В.Ю. Механико-технологические основы создания комплекса для выращивания вегетативно размножаемых подвоев яблони / дисс. ... докт. техн. н. – 2016
6. Муханин И.В. Агротехнические особенности закладки отводковых маточников клоновых подвоев с применением органических субстратов: Основные итоги и перспективы научных исследований ВНИИС им И.В. Мичурина (1931-2001 гг.): Сб. науч. трудов. – Т.2. – С. 64-68.
7. Пат. №2038733 Рос. Федерация: МПК А 01 D 23/02. Устройство для отделения отводков от растений / Засыпкин А.Д.; Манаенков А.Н.; Горшенин В.И.; Алехин С.Д.; Неретина И.Е.; Петрушин В.Н.; заявитель и патентообладатель Плодоовощной институт им. И.В.Мичурина. – №4937002/15; заявл. 09.04.91; опубл.09.07.95, Бюл. №19. – 2 с.: ил.
8. Пат. №149848 Рос. Федерация: МПК А01D 23/02. Машина для отделения отводков вегетативно размножаемых подвоев / В.Г. Бросалин, А.А. Завражнов, В.Ю. Ланцев, К.А. Манаенков; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО МичГАУ – №2012154918/13; заявл. 18.12.2012; опубл. 20.01.2015. Бюл. №2. – 2 с.: ил.
9. Технология закладки и возделывания интенсивных яблоневых садов на слаборослых клоновых подвоях в средней зоне садоводства РФ: Рекомендации / Под ред. Ю.В. Трунова – Мичуринск: Изд-во МичГАУ, 2007. – 127 с.
10. Scavariante-sp-2000 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://oliveragro.com/home/scavariante-sp-2000/> (дата обращения: 22.08.2023).

УДК 631.15.017.3

**РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ПРАКТИЧЕСКОГО ОПЫТА МЕЖФЕРМЕРСКОЙ КООПЕРАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ**

**С.Н. <sup>1</sup>Саонов, д.т.н., профессор, Д.Д. <sup>2</sup>Саонова, к.э.н., доцент**

<sup>1</sup>Тамбовская областная общественная организация Всероссийской общественной организации ветеранов (пенсионеров) войны, труда, вооруженных сил и правоохранительных органов

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ (Тамбовский филиал)

*г. Тамбов, Российская Федерация*

С начала 1990-х годов в Тамбовской области нами неоднократно предпринимались попытки организации различного рода межфермерских кооперативных образований по использованию сельскохозяйственной техники. Несомненно, что «призрак кооперации» постоянно бродит в умах и сердцах как фермеров, так и работников фермерского самоуправления. Тем более, что огромный зарубежный опыт давал и дает немало положительных решений на этот счет [1-4]. Из многочисленных задумок до реального воплощения (действовали когда-то или функционируют в настоящее время) дошли следующие разработки: - межфермерское кооперативное малое предприятие «Механизатор» (Кирсановский район Тамбовской области, действовало в 1991-1994гг.); - межфермерский кооперативный пункт проката сельскохозяйственной техники (Знаменский район Тамбовской области, действовал в 1992-1994гг.); неформальная межфермерская кооперация при использовании сельскохозяйственной техники на принципах соседской взаимопомощи (повсеместно, начиная с 1992г. и по настоящее время).

Например, в 1991г. нами было создано межфермерское малое предприятие «Механизатор» в Кирсановском районе Тамбовской области. За счет кредитных средств, выделяемых в тот период на развитие межфермерской кооперации, оно было оснащено всем комплексом машин и механизмов, необходимых для выполнения полевых механизированных работ. Кроме этого, были приобретены автокран, топливозаправщик, большегрузные автомобили. В тот период такой подход был оправдан, потому что в самом начале массового фермерского движения большинство фермерских хозяйств имели очень скудное техническое оснащение.

Вся техника в этом предприятии активно использовалась, например, ее сезонная загрузка превышала норматив в 1,5-2,0 раза. Однако себестоимость услуг была очень высока (круглогодичное содержание большого штата механизаторов, перевозка тяжелой техники на большие расстояния от одного фермерского хозяйства к другому, оплата аренды необходимых производственных помещений и т.п.). Не случайно, в 1994г. после отмены льготного кредитования фермерских хозяйств, услуги этого предприятия стали для фермеров недоступными, и предприятие прекратило своё существование.

Главный вывод из опыта работы межфермерского предприятия «Механизатор» состоит в следующем. На подобного рода предприятиях, создаваемых, как правило, в районных центрах, следует концентрировать только машины и механизмы круглогодичного использования: грузоподъемные, транспортные, строительные, землеройные, большегрузные автомобили, топливозаправщики и т.п.

Отличительной чертой этих машин и механизмов является возможность их использования не только в фермерских хозяйствах, где они хотя и крайне необходимы, но будут использоваться только периодически, а прежде всего в промышленных, строительных и любых иных организациях. В периоды, когда на них нет заявок от фермеров, они могут и должны сдаваться в прокат сторонним организациям. При этом достигается положительный баланс взаимных интересов: учредители предприятия (фермеры) получают возможность удовлетворить свои потребности по использованию указанных машин, а наемные работники получают возможность - хотя и с ограничениями (первоочередность удовлетворения заявок фермеров), но вполне реальную - для ведения производственной деятельности, используя основные средства, приобретенные фермерами-учредителями.

Но даже с учетом вышеизложенных рекомендаций, мы полагаем, что в настоящее время создание подобного рода предприятий чаще всего нецелесообразно. В настоящее время рынок по оказанию подобного рода услуг достаточно развит, поэтому любой фермер может нанять со стороны любую из указанных машин.

Мы полагаем, основное содержание деятельности фермерских кооперативных структур в настоящее время должно быть направлено на приобретение и эффективное использование машин, механизмов, агрегатов и комплексов специального назначения, высокопроизводительных или используемых в течение одного цикла севооборота. Как правило, это очень дорогие машины зарубежного производства. К ним относятся, например, сеялки точного высева семян свеклы, подсолнечника, соответствующие культиваторы, протравливатели семян, машины для внесения удобрений, машины и приспособления для уборки отдельных культур и т.п. Они крайне необходимы для грамотного ведения сельскохозяйственного производства, прежде всего для обеспечения научно обоснованного севооборота, высококачественного и быстрого выполнения отдельных технологических операций.

Именно такой подход был реализован нами в 1992 г. при комплектовании межфермерского кооперативного пункта проката при Знаменской районной ассоциации фермерских хозяйств. Этот опыт мы считаем крайне актуальным для современных условий.

Тогда, в 1992г., мы смогли убедить фермеров передать часть кредитных средств, выделенных каждому из них, районной ассоциации для приобретения комплекса машин для возделывания и уборки сахарной свеклы. При этом вся ответственность за своевременное обслуживание и погашение ссуды ложилась на аппарат

ассоциации. Он по поручению фермеров брал на себя ответственность так организовать использование этой техники, чтобы в максимальной степени удовлетворить потребности фермеров и выполнить финансовые обязательства перед банком, не преследуя при этом никакой финансовой выгоды для ассоциации.

Все затраты, связанные с использованием техники и обеспечением ее работоспособного состояния, взяли на себя фермеры, в пользование которых эта техника поступала на один сельскохозяйственный сезон. В отличие от малого предприятия «Механизатор» отпадала необходимость в аренде производственных помещений, содержании в течение 12 месяцев механизаторов, минимизировались затраты, связанные с перемещением комплекса в течение одного сельскохозяйственного сезона.

Этот комплекс ежегодно обслуживал несколько близлежащих фермерских хозяйств, которые в качестве арендной платы вносили необходимую сумму средств на обслуживание и гашение кредитов, а также использовался на уборке свёклы в крупных предприятиях, что позволило досрочно рассчитаться с кредитами. При этом интенсивность его использования в сравнении с нормативной составляла 280...360%. Сделать этот положительный пример массовым явлением нам не удалось только из-за прекращения льготного кредитования фермерских хозяйств.

Однако самое большое распространение получила неформальная межфермерская кооперация при использовании сельскохозяйственной техники на принципах соседской взаимопомощи, которой в той или иной мере было охвачено до 80% фермерских хозяйств. Иное дело, что потенциальные возможности этого вида межфермерской кооперации используются далеко не полностью. Наш собственный многолетний опыт по ее организации в Тамбовской области и проведенные теоретические исследования показали, что межфермерская кооперация на принципах соседской взаимопомощи с экономической точки зрения всегда выгодна владельцу техники и обычно (87,6% случаев), но не всегда, выгодно пользователю техники.

Вместе с тем доказано, что межфермерская кооперация - дело непростое, требующее очень большой организационной подготовки и глубоких знаний. В ней нет простых решений. Каждый машинно-тракторный агрегат имеет свою производительность, более или менее приспособлен для перемещения, каждый год меняются цены на сельскохозяйственную продукцию, технику, топливно-смазочные материалы, семена и удобрения, каждый год меняется урожайность, поэтому межфермерская кооперация при использовании техники на принципах соседской взаимопомощи не может быть чем-то раз и навсегда решенным. Каждый год фермеры должны менять количество совместно работающих хозяйств, причем по каждой операции их число будет различным. Тем не менее она позволяет сократить потребность в технике по отдельным видам в 1,4...22,2 раза.

При этом следует учитывать, что межфермерская кооперация при использовании сельскохозяйственной техники на принципах соседской взаимопомощи наиболее рациональна в отношении универсальных сельскохозяйственных машин: плуги, сеялки, культиваторы, сцепки, бороны и т.п. При этом при выполнении некоторых технологических операций межфермерская кооперация нерациональна, при выполнении других, напротив, крайне эффективна.

Обычно в подобных случаях акцентирует внимание на то, что сокращается количество машин и механизмов, необходимых каждому из фермеров. Указанный тезис в России в буквальном смысле имеет более чем вековую историю [5-7] и не подлежит сомнению. Однако положительное влияние межфермерской кооперации только этим не ограничивается. Так, при совместном использовании машин на принципах соседской взаимопомощи появляется реальная возможность перейти от последовательного метода выполнения сочлененных технологических операций (рис.1) к параллельному (рис.2) [8-13]. При этом вполне очевидно, что в зависимости от принятого метода будет или сокращаться календарная продолжительность проведения сочлененных технологических операций, при неизменном общем объеме работ, или будет увеличиваться объем выполненных отдельных полевых механизированных работ, входящих в технологический цикл, проводящихся в рамках агротехнического срока.

Важно отметить, что за счет специализации фермеров при выполнении однотипных полевых механизированных работ производительность машинно-тракторных агрегатов повышается на величину  $\alpha_i$ , равную:

$$\alpha_i = \frac{Wnc_i}{Wc_i},$$

где  $Wnc_i$  - производительность  $i$ -того агрегата при работе параллельным методом, га/дн;  $Wc_i$  - производительность  $i$ -того агрегата при последовательном методе выполнения работ, га/дн;  $\alpha_i$  - коэффициент изменения производительности  $i$ -того агрегата.

Тогда объем работ, который можно выполнить в тот же срок, работая параллельным методом, составит:

$$F_1 = D \cdot Wc, \text{ где } Wc = \min \{Wnc_1, \dots, Wnc_n\}.$$

Таким образом, переход от последовательного метода выполнения работ к параллельному позволяет увеличить наработку агрегатов за счет увеличения объемов работ, выполненных ими в тот же срок:

$$\beta = \frac{F_1}{F} = \frac{D \cdot Wc}{D_i \cdot Wc_i},$$

где  $\beta$  - степень увеличения наработки.



Рисунок 1 - Последовательный метод выполнения механизированных работ



Рисунок 2 - Параллельный метод выполнения механизированных работ

Но при этом агрегаты, имеющие производительность  $Wnc_i > Wc$ , будут загружены не полностью, и их резерв по наработке ( $R_i$ ) составит:

$$R_i = D \cdot (Wnc_i - Wc)$$

Поэтому степень увеличения наработки каждого отдельного агрегата с учетом резерва, то есть при полной его загрузке, определится из зависимости:

$$\beta_i = \frac{F_1 + R_i}{F} = \frac{D \cdot Wc_i \cdot \alpha_i}{D_i \cdot Wc_i} = \frac{D \cdot \alpha_i}{D_i}$$

где  $\beta_i$  - степень увеличения наработки  $i$ -того агрегата при полной его загрузке.

Кроме того следует учесть, что при проведении цикла работ последовательным методом, даже в рамках агротехнического срока, неминуемы потери урожая из-за нарушения агротехнических требований к временным разрывам между отдельными технологическими операциями.

Потери для  $i$ -той операции можно записать в следующем виде:

$$П_i = Kn_i \cdot U_{\max} \cdot Cn \cdot \sum_{j=1}^i D_{j-1}$$

где  $П_i$  - потери урожая из-за запаздывания начала проведения  $i$ -той операции, руб/га;  $Kn_i$  - коэффициент потерь урожая для  $i$ -той операции, 1/дн;  $U_{\max}$  - значение урожайности, соответствующее выполнению работ в оптимальный срок, т/га;  $Cn$  - цена реализации продукции, руб/т.

При выполнении технологических операций параллельным методом организация работ позволяет избежать нарушений агротехнических требований и, следовательно, можно принять, что  $П_i = 0$ .

Тогда преимущество параллельного метода выполнения работ над последовательным аналитически можно записать следующим образом:

$$\mathcal{E}_i = \frac{A_i}{F} \cdot \left(1 - \frac{1}{\beta}\right) - Kn_i \cdot U_{\max} \cdot Cn \cdot F \cdot \left(\frac{\beta}{Wc} - \frac{1}{Wc_i}\right) + \Pi_i,$$

где  $A_i$  - величина амортизационных отчислений для  $i$ -того агрегата, отнесенная на выполнение данной технологической операции, руб.;

Переход к параллельному методу будет иметь смысл только в том случае, если  $\mathcal{E}_i > 0$ . Это возможно, если степень увеличения наработки на агрегаты будет находиться в пределах  $\beta_{\min} < \beta < \beta_{\max}$ . Определим оптимальное значение  $\beta_{opt}$ :

$$\beta_{opt} = \sqrt{\frac{A_i \cdot Wc}{Kn_i \cdot U_{\max} \cdot Cn \cdot F^2}},$$

где  $\beta_{opt}$  - оптимальный предел увеличения нагрузки на агрегат при использовании его несколькими фермерами.

Так как  $\frac{d^2 \mathcal{E}_i}{d\beta^2} = -\frac{2 \cdot A_i}{F \cdot \beta^3} < 0$ , то можно утверждать, что при  $\beta = \beta_{opt}$  экономическая целесообразность

будет иметь максимальное значение.

При проведении работ параллельным методом агрегат имеет еще и резерв по наработке. Рассмотрим вариант, предусматривающий полную загрузку агрегатов. Тогда, целесообразность выполнения всего цикла сочлененных технологических операций составит:

$$\mathcal{E} = \sum_{i=1}^n \mathcal{E}_i = \frac{1}{F} \cdot \sum_{i=1}^n \left( A_i - \frac{A_i}{\beta_i} \right) - U_{\max} \cdot Cn \cdot F \cdot \sum_{i=1}^n \left( \frac{Kn_i \cdot (\beta_i - \alpha_i)}{\alpha_i \cdot Wc_i} \right) + \sum_{i=1}^n \Pi_i$$

Таким образом, переход на параллельный метод выполнения цикла сочлененных технологических операций позволяет снизить затраты на величину  $\mathcal{E}$  за счет увеличения объемов работ (при неизменном сроке их выполнения) в  $\beta$  раз, увеличения производительности агрегата в  $\alpha_i$  раз и наработки на агрегат в  $\beta_i$  раз.

Исходя из изложенного, очевидно, что организация межфермерской кооперации при использовании сельскохозяйственной техники достаточно сложный процесс. Многообразие условий использования машин предопределяет необходимость применения нескольких форм кооперации, дополняющих друг друга.

### Литература

1. Баутин В.М. Как используют технику фермеры Западной Европы /В.М.Баутин, Э.Л.Аронов // Информационный коммерческий вестник -1992, №1.
2. Межхозяйственное использование сельскохозяйственной техники - Женева: Продовольственная и сельскохозяйственная организация объединенных наций, 1986.
3. Баутин В.М. Формы совместного использования фермерами сельскохозяйственной техники в странах Западной Европы / В.М.Баутин, Э.Л.Аронов - М.: ВНИИТЭИагропром, 1993.
4. Зачем России машинно-тракторное общество (МТО)? Опыт кооперации Австрии и Германии для России. <https://selcoop.ru/cooperation/international/zachem-rossii-mto-opyt-kooperatsii-avstrii-i-germa/> (дата обращения 8.06.2023)
5. Чаянов А.В. Основные идеи и формы организации сельскохозяйственной кооперации - М.: Наука, 1991.
6. Емельянов И. Сельскохозяйственная кооперация / И.Емельянов – Харьков: Кооперативная типография, 1918
7. Антонова М. П. Выгоды и отличительные черты кооперации как организационно-правовой формы / М. П. Антонова, С. Н. Скоморохов // Фундаментальные и прикладные исследования кооперативного сектора экономики. – 2018. – № 1. – С. 42-49.
8. Сазонова Д. Д. Первоочередные объекты производственной инфраструктуры в фермерских хозяйствах / Д. Д. Сазонова, О.Н.Попова, С.Н. Сазонов // Техника и оборудование для села. – 2006. – № 12. – С. 14-16.
9. Сазонов, С. Н. Ретроспективный анализ оснащенности фермерских хозяйств машинами и механизмами / С. Н. Сазонов, Д. Д. Сазонова // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2015. – № 1-2. – С. 91-112
10. Сазонов С. Н. Оснащенность фермерских хозяйств техникой / С. Н. Сазонов, Д. Д. Сазонова, О. Н. Попова // Наука в центральной России. – 2013. – № 5. – С. 4-11
11. Сазонова Д. Д. Земельные ресурсы фермерских хозяйств и их использование / Д. Д. Сазонова, С. Н. Сазонов // Наука в центральной России. – 2017. – № 3(27). – С. 95-101.
12. Рекомендации по межфермерской кооперации и использованию сельскохозяйственной техники / С. Н. Сазонов, Д. Д. Сазонова, О. Н. Попова, А. Л. Глотов. – Москва, 1999. – 48 с.
13. Теория и практика использования техники в крестьянских хозяйствах / С. Н. Сазонов, О. А. Клейменов, О. Н. Попова, Д. Д. Сазонова. – Тамбов : ВИИТиН РАСХН, 1996. – 66 с.



УДК 631.15.017.3

**РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ПРАКТИЧЕСКОГО ОПЫТА МЕЖФЕРМЕРСКОЙ КООПЕРАЦИИ  
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ**

**С.Н. <sup>1</sup>Сазонов**, д.т.н., профессор, **Д.Д. <sup>2</sup>Сазонова**, к.э.н., доцент

<sup>1</sup>Тамбовская областная общественная организация Всероссийской общественной организации ветеранов  
(пенсионеров) войны, труда, вооруженных сил и правоохранительных органов

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ (Тамбовский филиал)

*г. Тамбов, Российская Федерация*

УДК 631.153.46

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ЗАГРУЗКИ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ  
В УСЛОВИЯХ ЦЕНОВЫХ ДИСПАРИТЕТОВ**

**С.Н. <sup>1</sup>Сазонов**, д.т.н., профессор, **Д.Д. <sup>2</sup>Сазонова**, к.э.н., доцент

<sup>1</sup>Тамбовская областная общественная организация Всероссийской общественной организации ветеранов  
(пенсионеров) войны, труда, вооруженных сил и правоохранительных органов

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ (Тамбовский филиал)

*г. Тамбов, Российская Федерация*

**СЕКЦИЯ II «ЭНЕРГО - И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В  
СИСТЕМЕ МАШИНОИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКОГО  
СЕРВИСА, ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОПЛИВНО-  
СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ЗАЩИТА ТЕХНИКИ ОТ  
КОРРОЗИИ»**

УДК 631.173(470.325)

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СЕЛЬХОЗТОВАРОПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ:  
ОРИЕНТАЦИЯ НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ**

**Г.И. Грицаенко**, к.э.н., доцент, **И.Н. Грицаенко**, старший преподаватель  
ФГБУ ВО МГУ

*г. Мелитополь, Российская Федерация*

**Постановка проблемы.** Главным фактором развития аграрного сектора экономики является техническая обеспеченность сельскохозяйственных товаропроизводителей. К сожалению, в стране сложилась сложная ситуация по обновлению, техническому перевооружению отечественных агроформирований, что обуславливает не только технологическое отставание аграрного сектора, но и существенное негативное влияние на его энергоэффективность. Это обуславливает актуальность и потребность комплексного исследования вопросов формирования новейшей системы материально-технического обеспечения, внедрения в производство современных видов техники, разработки организационно-экономического механизма инновационно-ориентированного развития аграрного производства с учетом аспектов энергоэффективности и энергосбережения.

**Анализ последних исследований.** Проблемы энергоэффективности в аграрной сфере исследовали многие ученые, в том числе отечественные: Можаяв Е.Е. [1], Семенова Е.И. [2], Судаченко В.Н. [3], Чиркова И.Г. [4]; зарубежные: Мамедов Г.Б. [5], Рахмонов Р. [6], Рудченко Г.А. [7], Бонгерс А. (Bongers A.) [8], Кениг В. (König W.) [9], Окореимог С.С. (Okorieimoh C.C.) [10], Хасан А.С.М. (Hasan ASM.) [11] и многие другие исследователи. Так, Можаяв Е.Е., Закабунина Е.Н. и Хаустова Н.А. (2021) провели исследование энергетической эффективности сельского хозяйства [1]. Авторы подчеркнули актуальность разработки и реализации долгосрочной стратегии энергетического менеджмента в единую стратегию развития компании. Поддерживаем мнение авторов о необходимости наращивания потребления энергии в сельском хозяйстве из возобновляемых источников.

Семенова Е.И. и Семенов А.В. (2020) изучили нормативно-правовые акты по регулированию энергосбережения и энергоэффективности, проанализировали эффективность реализации программ по энергосбережению [2]. Авторы сделали обоснованный вывод о том, что издержки на проведение энергетических обследований в организациях зачастую превышают затраты на конкретные шаги по энергосбережению, что актуализирует применение в сельском хозяйстве типовых и специфических решений по сокращению энергопотребления.

На примере Северо-Запада России Судаченко В.Н., Эрк А.Ф., Тимофеев Е.В., Размук В.А. и Ефимова А.Н. (2020) проанализировали энергоэффективность сельскохозяйственного производства [3]. Авторы на практических примерах продемонстрировали роль цифровых технологий в повышении энергоэффективности отрасли и экологической безопасности сельских территорий. Считаем обоснованными и практически применимыми выводы авторов о необходимости интенсификации агропромышленного производства, позволяющей повысить выход продукции на единицу энергетических ресурсов.

Связь конкурентоспособности агропродовольственного сектора экономики с динамикой энергопотребления рассмотрели Чиркова И.Г., Бикейкина И.А. и Гончарова М.А. (2022) [4]. Авторы выявили преобладающие темпы роста энергонасыщенности аграрного производства по сравнению с производительностью труда. Поддерживаем мнение авторов о необходимости государственной поддержки малого бизнеса для инновационного обновления технического и технологического оснащения производства.

На примере развития аграрного сектора Азербайджана Мамедов Г.Б., Искендерова А.Д., Алиев Б.М. и Тагиев У.Т. (2021) раскрыли возможности снижения затрат энергетических ресурсов за счет использования их альтернативных видов [5]. Авторы пришли к выводам, что для повышения и сохранения плодородия почвы необходимо широкое распространение передовых технологий выращивания сельскохозяйственных культур с учётом зональных особенностей региона. Практическая ценность публикации, на наш взгляд, состоит в обосновании разнообразных методов повышения энергоэффективности аграрного производства, снижающих не только затраты фермеров, но и выбросы парниковых газов.

Характерные особенности зеленой экономики исследовал Рахмонов Р. (2023) на примере экономики замкнутого цикла Узбекистана [6]. Автор показал преимущества использования возобновляемой энергии и циркулярной экономики, раскрыл понятия энергоэффективности и устойчивого сельского хозяйства. Особую практическую ценность представляют выводы автора о роли зеленой экономики в сохранении биологического разнообразия, создании «зеленых» рабочих мест и обеспечении социальной справедливости.

Рудченко Г.А. и Ермалинская Н.В. (2023) провели оценку развития возобновляемой энергетики на мезо-, макро- и мезоуровнях [7]. Авторы изучили проблемы энергосбережения и энергоэффективности в мировом масштабе, а также в Республике Беларусь, в том числе в её аграрной сфере. Считаем обоснованными выводы авторов о необходимости активизации работы в данном направлении.

Влияние экологической политики на энергоэффективность и выбросы изучал Бонгерс А. (Bongers A., 2020) [8]. Автор разработал эколого-экономическую модель, в которой потребление энергии приводит к выбросам загрязняющих веществ, которые, в свою очередь, негативно влияют на эффективность производства. Вызывают

интерес выводы автора о том, что повышение энергоэффективности вызывает «эффект отдачи», но также увеличивает потребление энергии и, как следствие, выбросы загрязняющих веществ. Напротив, технологические усовершенствования в отношении выбросов приводят к увеличению потребления энергии, но напрямую сокращают количество выбросов.

Кениг В., Леббе С., Бюттнер С. и Шнайдер К. (König W., Löbбе S., Büttner S., Schneider C., 2020) сделали вывод о том, что, несмотря на сильные политические усилия в Европе, малые и средние промышленные предприятия пренебрегают принятием методов повышения энергоэффективности [9]. Результаты, основанные на 10 этнографических исследованиях и количественном опросе 500 производственных малых и средних предприятий, указывают на важность повседневного поведения сотрудников для достижения экономии энергии. Считаем обоснованными выводы авторов о том, что включение энергоэффективности в корпоративную стратегию, использование широкого спектра различных практик, а также расширение прав и возможностей и участие сотрудников служат основными движущими силами в достижении энергоэффективности.

Оценку альтернативных видов топлива, энергосбережения, дизайна зданий, бытовой техники, промышленности и транспортных средств проводил Окореймог С.С. (Okorieimoh C.C., 2019) [10]. Результаты исследования автора носят безусловный научно-практический интерес.

Хасан А.С.М. и Трианни А. (Hasan ASM., Trianni A., 2020) исследовали необходимость обеспечения энергоэффективности в промышленности, которое имеет большое значение для снижения энергопотребления и выбросов парниковых газов [11]. По их мнению, энергоменеджмент – одна из эффективных функций управления, обеспечивающих энергоэффективность в промышленности. Несмотря на повышенный интерес к энергоэффективности, существует пробел в научных публикациях по энергоменеджменту и существующей практике применения. Авторы сделали методологический обзор моделей оценки энергоменеджмента, которые облегчают оценку промышленного энергоменеджмента в целом. Кроме этого, они сделали интересные предложения для научных кругов и промышленных аналитических центров.

Ключевым ресурсом аграрной сферы является техника, наличие и использование которой оказывают существенное влияние на энергоэффективность производства. Вопросы технического обеспечения аграрного производства рассматривали отечественные исследователи Гурнович Т.Г. [12; 13], Дусаев Х.Б. [14], Исаева О.В. [15], Мордовин А.Н. [16] и др., а также зарубежные учёные Ялета М. (Jaleta M.) [17], Ловарелли Д. (Lovarelli D.) [18], Банерйее С. (Banerjee S.) [19], Приор С.В. (Pryor S.W.) [20], Банаэян Н. (Banaeian N.) [21], Алимагам С.М. (Alimaghani S.M.) [22], Ланг Й. (Lang J.) [23], Янган М. (Jiang M.) [24] и многие другие. Так, Гурнович Т.Г., Агаркова Л.В., Кастиди Ю.К., Денисова О.Г. и Кирячек В.В. (2022) проанализировали материально-техническое обеспечение сельского хозяйства [12]. Авторы определили негативные тенденции в процессах технической модернизации аграрной сферы. Считаем обоснованными предложения авторов о совершенствовании её господдержки и развитии лизинга.

Актуальные проблемы материально-технического обеспечения сельского хозяйства рассмотрели Гурнович Т.Г., Ларкина Т.М. и Овсепян М.О. (2023) [13]. Учёные изучили систему обеспечения отрасли техникой и технологиями, проанализировали сферу производства сельскохозяйственных машин. Считаем актуальными выводы авторов о необходимости разработки и реализации стратегии технической и технологической модернизации аграрной сферы экономики.

Дусаев Х.Б. (2022) проанализировал техническую обеспеченность аграрного производства, выявил деструктивные процессы её деиндустриализации [14]. Автор сформулировал рекомендации по преодолению негативных тенденций, сделал обоснованные выводы о необходимости инвестирования и государственной поддержки материально-технического оснащения сельскохозяйственного производства.

Вопросы государственной поддержки модернизации технического оснащения аграрной сферы изучали Исаева О.В. и Криничная Е.П. (2022) [15]. Исследователи выявили узкие места в существующей системе господдержки, предложили меры по их корректировке, включая направления и объёмы бюджетного финансирования. Поддерживаем выводы авторов о целесообразности развития агролизинга.

Мордовин А.Н. (2023) изучил сущность и принципы формирования технической и технологической базы кормопроизводства [16]. Автор сформулировал задачи их перехода на инновационную модель развития. Вызывает методологический и практический интерес предложенная автором структурно-логическая схема её формирования.

Вызывает интерес публикация Ялета М., Баудрона Ф., Кривокапиц-Скоко Б. и Эренштейна О. (Jaleta M., Baudron F., Krivokapic-Skoko B., Erenstein O., 2019), которые рассмотрели механизацию сельского хозяйства и сокращение использования обработки почвы в контексте устойчивой интенсификации сельского хозяйства развивающихся стран [17]. Ловарелли Д., Ваченетти Й. и Фяла М. (Lovarelli D., Vascenetti J., Fiala M., 2017) осуществили определение нагрузки на окружающую среду альтернативных вариантов вспашки, при этом учли не только особенности местных условий, но и характеристики техники [18]. Банерйее С. и Пунекар Р.М. (Banerjee S., Punekar R.M., 2020) определили, что проектирование и развитие механизации сельского хозяйства, которые сосредоточены только на проблемах стоимости сельскохозяйственной техники, повышении интенсивности выращивания культур и снижении затрат, приводят к возникновению пагубных последствий для сельскохозяйственных угодий и окружающей среды, что в целом может отразиться на нарушении в социально-

экономической структуре местной экономики, основанной на сельском хозяйстве [19]. Приор С.В., Смитгерс Й., Линн П. и ван Антверпен Р. (Pryor S.W., Smithers J., Lyne P., van Antwerpen R., 2017) в ходе исследования определили влияние уровня механизации аграрного производства на уплотнение почвы, что непосредственно приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур, а также пропорциональному увеличению энергозатрат и выбросов парниковых газов [20].

Считаем актуальным исследование Банаеяна Н. и Поургеязы П. (Banaeian N., Pourhejazy P., 2020), которые из соображений того, что механизация в сельскохозяйственном секторе требует принятия взвешенных решений о выборе технологий с учетом финансовых и нефинансовых факторов, исследовали экологические и технические аспекты при выборе сельскохозяйственной техники [21]. Кроме того, привлекает внимание публикация Алиммагана С.М., Солтани А., Зеинали Е. и Каземи Г. (Alimaghani S.M., Soltani A., Zeinali E., Kazemi H., 2017), которые проанализировали энергетические потоки и выбросы парниковых газов в проектах выращивания сои с использованием четырех производственных сценариев, для определения и дальнейшего распространения в регионе наиболее экономически эффективных и экологически безопасных [22]. Ланг Й., Тянь Й., Жоу И. и другие исследователи (Lang J., Tian J., Zhou Y. et al., 2018) разработали комплексный кадастр выбросов с высоким пространственно-временным разрешением для сельскохозяйственной техники в Китае для анализа воздействия на окружающую среду и климат, а также обоснования политики контроля выбросов и моделирования качества воздуха [23]. Ян М., Гу Х., Чунга Й., Лин З., Фэй Р. (Jiang M., Hu X., Chunga J., Lin Z., Fei R., 2020) обратили внимание на экологические проблемы, вызванные быстрой популяризацией механизации сельского хозяйства и увеличением энергозатрат в сельскохозяйственном производстве Китая [24].

Несмотря на наличие публикаций по вопросам технического оснащения аграрного производства, остаются недостаточно проработанными проблемы энергоэффективности технического обеспечения аграрных товаропроизводителей, что обуславливает актуальность выбранной темы.

**Формулировка целей статьи (постановка задачи)** – исследовать проблему обеспечения техникой сельскохозяйственных товаропроизводителей с учетом энергоэффективности.

**Основная часть.** Одним из существенных факторов аграрного производства является сельскохозяйственная техника, динамика наличия отдельных видов которой приведена в таблице 1.

Таблица 1. – Динамика наличия основных видов техники в сельскохозяйственных предприятиях, тыс. шт.

	2010	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2021 в % к 2010
Тракторы	310,3	223,4	216,8	211,9	206,7	203,6	198,3	63,9
Плуги	87,7	61,6	59,7	58,5	56,9	56,7	55,2	62,9
Культиваторы	119,8	90,3	87,6	84,8	82,6	81,2	78,4	65,4
Сеялки	134	87,8	82,8	79	74,8	70,9	66,7	49,8
Комбайны зерноуборочные	80,7	59,3	57,6	56,9	55	53,9	52,6	65,2
Косилки	41,3	31	30,5	30,1	29,8	29,3	28,7	69,5
Пресс-подборщики	24,1	20,4	19,9	19,6	19,5	18,7	18,2	75,5
Жатки валковые	27	19	19,1	18,8	19,1	19,1	19,3	71,5

(Источник: сформировано по данным Федеральной службы государственной статистики РФ)

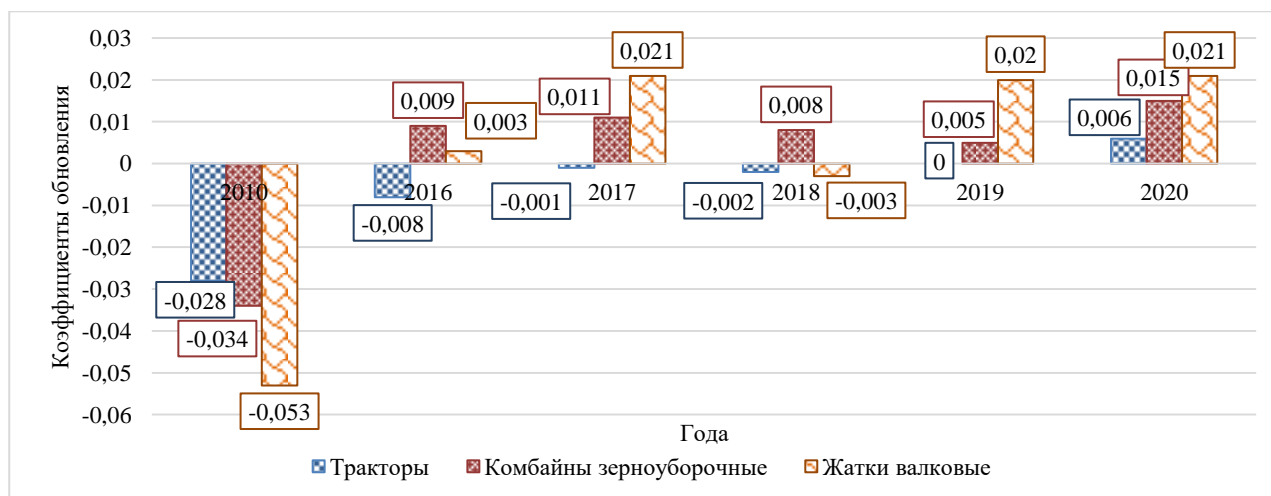


Рисунок 1 – Динамика коэффициентов обновления основных видов сельскохозяйственной техники (Источник: рассчитано по данным Федеральной службы государственной статистики РФ)

Так, в 2021 г. по сравнению с 2010 г. в сельхозпредприятиях более, чем на треть сократилось количество тракторов, плугов, культиваторов, комбайнов зерноуборочных, косилок, жаток валковых, на четверть уменьшилось количество пресс-подборщиков, в половину – сеялок. Нагрузка пашни на один трактор в 2020 г. составляла 349 га, что в 1,5 раза больше, чем в 2010 г. На один зерноуборочный комбайн в 2020 г. приходилось 451 га посевов зерновых, что на 1,4 раза больше, чем в 2010 г.

Несмотря на то, что за 2010-2020 гг. наблюдается позитивный процесс в изменении коэффициентов обновления основных видов техники в сельскохозяйственных предприятиях, их значения остаются крайне низкими. Безусловно, для рационального обеспечения сельхозпроизводителей техникой необходимы значительные инвестиции [25], для обоснования целесообразности которых необходимо принимать во внимание энергетические критерии – то есть, ориентироваться на энергоэффективность.

Считаем, что на критерии энергоэффективности необходимо направлять внимание не только при решении проблем технического обеспечения производителей сельскохозяйственной продукции, но и более широких вопросов, в том числе энергетической безопасности национальной экономики в целом. При этом инвестиции в энергоэффективность необходимо рассматривать как систему взаимосвязанных элементов – объектов, заданий и главной цели (рисунок 2).

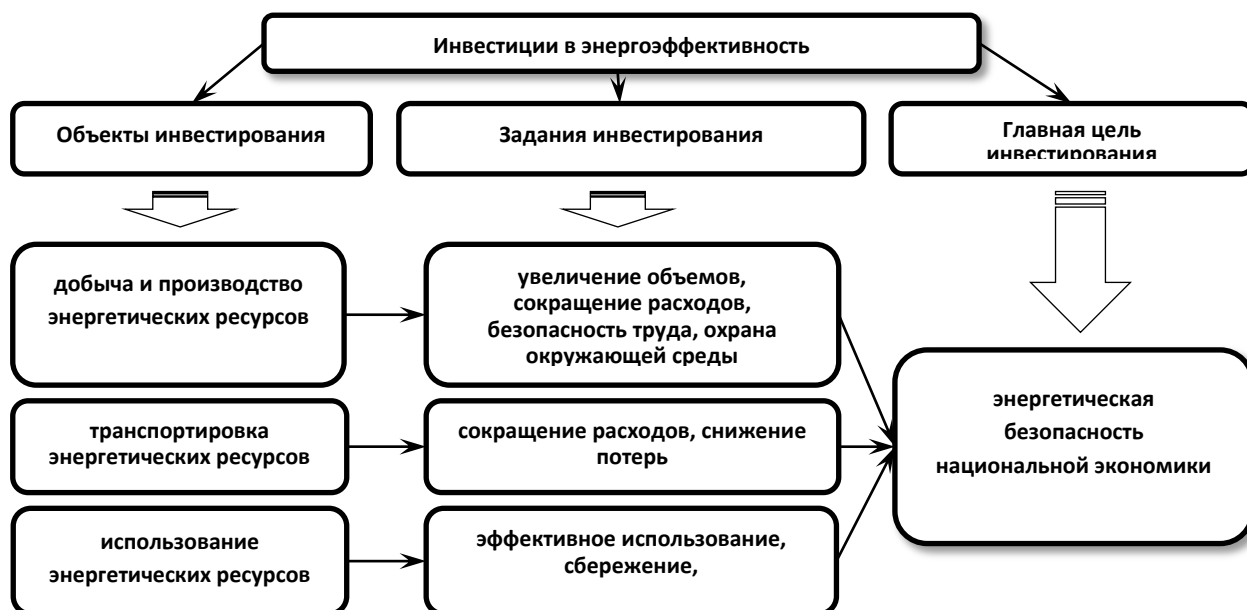


Рисунок 2 – Инвестиции в энергоэффективность как система объектов, задач и главной цели (Источник: составлен авторами на основе исследований)

При этом главными объектами инвестирования будут выступать добыча и производство энергетических ресурсов, их транспортировка, а также эффективное использование и сбережение. Задачами инвестиций в энергоэффективность будут увеличение объемов добычи нефти и газа, а также производства энергии из возобновляемых источников, сокращение расходов на всех этапах производства и потребления, энергосбережение, охрана окружающей среды за счет сокращения вредных выбросов. Выполнение задач инвестиций в энергоэффективность будет способствовать приближению главной цели – обеспечению энергетической безопасности национальной экономики.

Считаем, что комплексные проблемы требуют адекватных решений. Так, для снижения затрат энергетических ресурсов во время эксплуатации сельскохозяйственной техники целесообразно внедрять новые, прогрессивные технологии – например, точного земледелия. Повышению энергоэффективности будет способствовать подготовка к хранению и антикоррозийная защита сельскохозяйственных машин в период межсезонного неиспользования, что требует совершенствования качества защитных консервационных материалов, а также непосредственно технологических процессов технического сервиса.

Сокращению затрат энергетических ресурсов при утилизации и переработке отработанной сельскохозяйственной техники будет способствовать развитие системы рециклинга, требующей применения оригинальных подходов и учета особенностей законодательства, состояния промышленности, а также информационно-коммуникационного обеспечения жизненного цикла ресурсо- и наукоемкой продукции.

**Выводы.** Таким образом, критический обзор литературных источников позволил обобщить существующие проблемы энергоэффективности в аграрной сфере, а также выделить нерешенные задачи важнейшего фактора, на неё влияющего – технического обеспечения.

К сожалению, современная техническая оснащённость аграрного производства имеет недостатки, которые проявляются как в количестве, так и в качестве имеющейся техники. Устранение этих недостатков требует

значительных инвестиций. На сегодняшний момент вопрос минимизации затрат энергетических ресурсов и повышения эффективности их использования остро ставится перед аграрным сектором национальной экономики. Для преодоления существующих проблем предлагаем более широко внедрять систему точного земледелия, улучшать технологии хранения и антикоррозионной защиты сельскохозяйственных машин, а также развивать систему рециклинга.

Перспективами дальнейших исследований является разработка организационно-экономического механизма рециклинга выведенной из эксплуатации техники, отвечающей современным требованиям ресурсо- и энергосбережения.

#### **Литература**

1. Можаяев Е.Е., Закабунина Е.Н., Хаустова Н.А. Теоретические основы стратегического управления энергетической эффективностью в сельском хозяйстве // Вестник Екатеринбургского института. – 2021. – № 4 (56). – С. 86-93.
2. Семенова Е.И., Семенов А.В. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2020. – № 3 (60). – С. 85-91.
3. Судаченко В.Н., Эрк А.Ф., Тимофеев Е.В., Размук В.А., Ефимова А.Н. Роль информационных технологий в повышении энергоэффективности и экологической безопасности сельхозпроизводства северо-запада России // АгроЭкоИнженерия. – 2020. – № 3 (104). – С. 4-15.
4. Чиркова И.Г., Бикейкина И.А., Гончарова М.А. Тенденции изменения энергоемкости продукции агропродовольственного сектора экономики в период импортозамещения // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2022. – Т. 14. – № 4 (56). – С. 168-177.
5. Мамедов Г.Б., Искендерова А.Д., Алиев Б.М., Тагиев У.Т. Исследование ресурсо- и энергосберегающих технологий для развития аграрного сектора Азербайджана // Социально-экономический и гуманитарный журнал. – 2021. – № 1 (19). – С. 20-31.
6. Рахмонов Р. Основные особенности зеленой экономики. Циркуляционная экономика // Universum: экономика и юриспруденция. – 2023. – № 7 (106). – С. 29-30.
7. Рудченко Г.А., Ермалинская Н.В. Основные тенденции развития возобновляемой энергетики в республике Беларусь в контексте глобальных трендов // Экономика и банки. – 2023. – № 1. – С. 46-59.
8. Bongers A. Energy Efficiency, Emission Energy, and the Environment // Energy Research Letters. – 2020. – Vol. 1 (2). – Pp. 1-5.
9. König W., Löbbe S., Büttner S., Schneider C. Establishing Energy Efficiency – Drivers for Energy Efficiency in German Manufacturing Small- and Medium-Sized Enterprises // Energies. – 2020. – Vol. 13 (19). – 5144.
10. Okorieimoh C.C. Energy Efficiency // Global Scientific Journals. – 2019. – Vol. 7 (4). – Pp. 763-775.
11. Hasan ASM., Trianni A. A Review of Energy Management Assessment Models for Industrial Energy Efficiency // Energies. – 2020. – Vol. 13. DOI: 10.3390/en13215713.
12. Гурнович Т.Г., Агаркова Л.В., Кастиди Ю.К., Денисова О.Г., Кирячек В.В. Модернизация материально-технической базы сельскохозяйственного производства // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 94. – С. 23-27.
13. Гурнович Т.Г., Ларькина Т.М., Овсепян М.О. Материально-техническая база сельского хозяйства на современном этапе экономического развития // Аграрная Россия. – 2023. – № 4. – С. 45-48.
14. Дусаев Х.Б. Материально-техническое обеспечение сельского хозяйства – основа эффективного развития АПК // Труд и социальные отношения. – 2022. – Т. 33. – № 4. – С. 71-88.
15. Исаева О.В., Криничная Е.П. Государственная поддержка технической модернизации многоукладного сельского хозяйства России: текущее состояние и направления совершенствования // Вестник аграрной науки. – 2022. – № 2 (95). – С. 126-133.
16. Мордовин А.Н. Техничко-технологическая база кормопроизводства: сущность и принципы формирования // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2023. – Т. 16. – № 1 (76). – С. 106-117.
17. Jaleta M., Baudron F., Krivokapic-Skoko B., Erenstein O. Agricultural mechanization and reduced tillage: antagonism or synergy? // International Journal of Agricultural Sustainability. – 2019. – Vol. 17 (3). – Pp. 219-230.
18. Lovarelli D., Vacenetti J., Fiala M. Effect of local conditions and machinery characteristics on the environmental impacts of primary soil tillage // Journal of Cleaner Production. – 2017. – Vol. 140. – Pp. 479-491.
19. Banerjee S., Punekar R. M. A sustainability-oriented design approach for agricultural machinery and its associated service ecosystem development. // Journal of Cleaner Production. – 2020. – Vol. 264. – N 121642.
20. Pryor S. W., Smithers J., Lyne P., van Antwerpen R. Impact of agricultural practices on energy use and greenhouse gas emissions for South African sugarcane production. // Journal of Cleaner Production. – 2017. – Vol. 1. – Pp. 137-145. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.09.069.
21. Banaeian N., Pourhejazy P. Integrating Sustainability into the Machinery Selection Decisions in the Agriculture Sector. // IEEE Engineering Management Review. Fourth Quarter – 2020. – Vol. 48 (4). – N 9138698. – Pp. 167-173. DOI: 10.1109/EMR.2020.3008560.

22. Alimaghani S. M., Soltani A., Zeinali E., Kazemi H. Energy flow analysis and estimation of greenhouse gases (GHG) emissions in different scenarios of soybean production (Case study: Gorgan region, Iran). // Journal of Cleaner Production. – 2017. – Vol. 149. – Pp. 621-628. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.02.118.

23. Lang J., Tian J., Zhou Y. et al. A high temporal-spatial resolution air pollutant emission inventory for agricultural machinery in China. // Journal of Cleaner Production. – 2018. – Vol. 183. – Pp. 1110-1121. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.02.120.

24. Jiang M., Hu X., Chunga J., Lin Z., Fei R. Does the popularization of agricultural mechanization improve energy-environment performance in China's agricultural sector? // Journal of Cleaner Production. – 2020. – Vol. 276. – N 124210. DOI: 10.1016 / j.jclepro.2020.124210.

25. Hrytsaienko H., Hrytsaienko I., Bondar A., Zhuravel D. Mechanism for the Maintenance of Investment in Agriculture // Modern Development Paths of Agricultural Production. – 2019. – Pp. 29-40. DOI: 10.1007/978-3-030-14918-5\_4.

УДК 631.017.3:621.181

### ВТОРИЧНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОТЫ ПРИ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКЕ СЕЛЬХОЗПРОДУКЦИИ

А.М. Шувалов, д.т.н, профессор, А.Н. Машков, к.т.н.

ФГБНУ ВНИИТиН

г. Тамбов, Российская Федерация

**Введение.** Многими исследованиями доказано, что одним из способов замены животных белков, используемых в животноводстве в качестве добавки в корм, являются белки растительного происхождения. Учеными выявлено, что зерно сои является наиболее подходящим заменителем животного белка. Однако это зерно нельзя скармливать животным без предварительной тепловой обработки из-за присутствия в нём антипитательных веществ [1, 2].

Для удаления антипитательных веществ разработан новый способ обработки сои и создано перспективное техническое средство с системой энергообеспечения, позволяющей осуществлять двухсторонний нагрев зерна сои и как следствие – перераспределять тепловые потоки и повысить равномерность прогрева по объему зерна, качество обработки, производительность установки [3-5]. Однако термообработка и новым способом так же энергозатратна.

**Основная часть.** Так как термическая обработка зерна проводится при высокой температуре (120-135 °С), то дополнительную экономию энергии можно обеспечить отбором теплоты от неё в температуре: в специальном теплоизолирующем бункере с рекуператором теплоты. Однако для конструктивного исполнения рекуператора теплоты необходимо провести расчет его параметров.

С учетом конструктивного исполнения теплообменника целесообразно применить рекуператор с теплообменной пластиной (рисунок 1), установленной в нижней части теплообменника (рисунок 2).

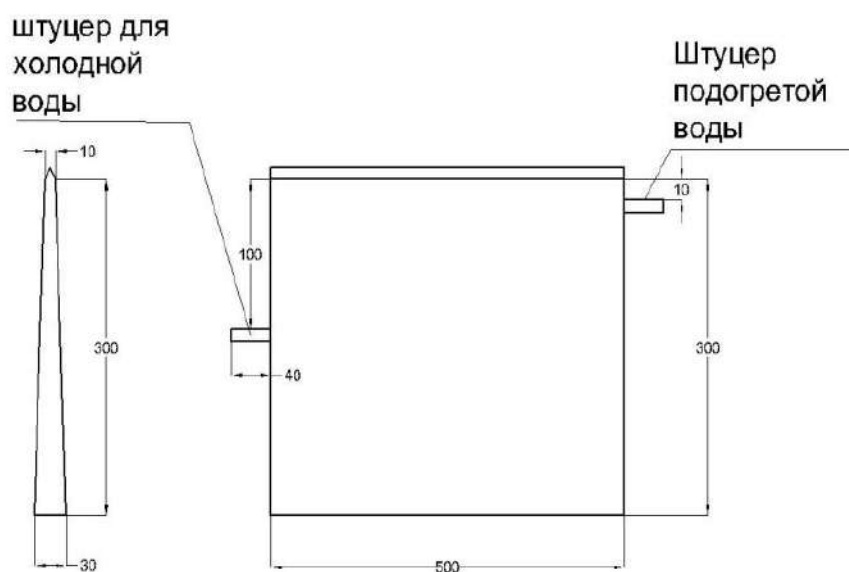


Рисунок 1 – Теплообменная пластина для рекуператора теплоты

В полость пластины подается холодная вода, за счет передачи теплоты в температуре от горячих бобов и частично от пара нагретой и увлажненной сои через стенку теплообменника вода нагревается.



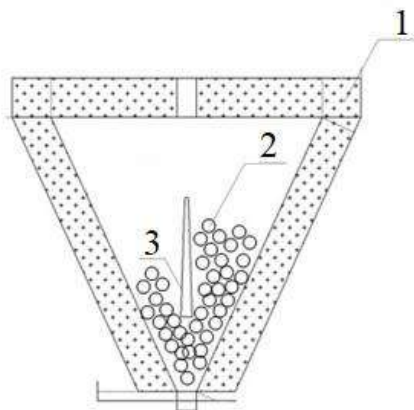


Рисунок 2 – Конструктивная схема температуратора (1) с размещёнными в нём соей (2) и теплообменной пластиной (3) рекуператора теплоты

Экспериментальные исследования показали, что влажность термически обрабатываемой сои должна быть на уровне 20%. Определим потребность воды на увлажнение бобов. Примем исходную влажность бобов 10% (со склада хранения). Тогда для увлажнения до 20% массе бобов равной производительности (240 кг/ч) потребуется 24кг/ч. Чтобы нагреть это количество воды с 10 до 80°C потребуется теплоты

$$Q_{\text{в}}=1,16 \cdot 10^{-3} \cdot c \cdot m \cdot (t_{\text{к}}-t_{\text{н}})=1,95 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Чтобы отобрать теплоту от зерна нагретой сои необходимо определить параметры теплообменного устройства – рекуператора теплоты.

Тепловой поток через стенку теплообменника определится

$$Q_{\text{т}}=K \cdot F_{\text{т}} \cdot (t_1-t_2),$$

где  $Q_{\text{т}}$  – тепловой поток поступающий через стенку теплообменника, Вт;  $F_{\text{т}}$  – поверхность теплопередачи теплообменника,  $\text{м}^2$ ;  $t_1$  – средняя температура паровоздушной смеси и соприкасаемой нагретой сои, °C;  $t_2$  – температура воды, подаваемой в теплообменник, °C.

Коэффициент теплопередачи  $K=0,11 \text{ кВт}/\text{м}^2 \text{ С}$  принят по аналогии как у бестенового источника тепла, в котором с одной стороны теплопередающей стенки передается тепло от паровоздушной смеси, с другой стороны от этой стенки нагревается вода [5].

Определим теплопередающую поверхность теплообменника, требуемую для передачи теплоты 1,95 кВт·ч на нагрев воды, используемой для увлажнения сои.

При известном коэффициенте теплопередачи формула для определения поверхности теплообмена имеет вид

$$F_{\text{т}} = \frac{q_{\text{т}}}{K(t_{\text{сп}} - t_{\text{н}})}$$

В данном случае  $q_{\text{т}}=Q_{\text{т}}$ , то есть теплота передаваемая за 1 час соответствует тепловому потоку, тогда  $F_{\text{т}}=0,295 \text{ м}^2$

Исходя из расчетной величины теплопередающей поверхности и габаритов нижней части температуратора размеры теплообменной пластины приняты: высота – 0,3 м, длина – 0,5 м, то есть поверхность теплопередачи равна

$$F=0,3 \cdot 0,5 \cdot 2=0,3 \text{ м}^2$$

Экспериментальный образец теплообменника выполнен с этими размерами.

**Выводы.** 1. Определены тепловой поток и масса воды, необходимые для нагрева и увлажнения сои. 2. Для установки гидротермической обработки зерна сои производительностью 240 кг/ч теплообменная поверхность рекуператора теплоты равна 0,3  $\text{м}^2$ .

#### Литература

1. Шувалов, А.М. Снижение антипитательных факторов в семенах микронизированной полножирной сои / А.М. Шувалов, Д.С. Чернов, Г.М. Шулаев, Н.А. Вотановская, Р.К. Милушев // Труды 8-й Международной научно-технической конференции «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве». – М.: ГНУ ВИЭСХ, ч.2. – 2012. – с. 59-62.

2. Машков, А.Н. Перспективы применения комбинированного электронного нагрева зерна сои для удаления антипитательных веществ / А.Н. Машков, А.М. Шувалов, Д.С. Чернов, В.Ф. Калинин. // Вестник ВИЭСХ. – 2014. – №3. – с. 75–77.

3. Патент на изобретение №2615004 РФ. МПК А23L 11/00. Способ обработки полножирных соевых бобов. /Шувалов А.М., Чернов Д.С. Шулаев Г.М., Машков А.Н.; заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИИТиН. №2015153579, заяв. 14.12.2015; опубл. 03.04.2017. Бюл. №10.

4. Патент на изобретение №2694408 РФ. СПК В02В 5/00. Устройство для темперирования зерна сои /Шувалов А.М., Машков А.Н., Тихомиров Д.А.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ВНИИТиН. Опубл. 12.07.2019. Бюл. №20.

5. Шувалов, А.М., Машков А.Н. Вторичное использование теплоты в варочных аппаратах многофункциональной блочно-моульной установки для крестьянских хозяйств / А.М. Шувалов, А.Н. Машков. Инновации в сельском хозяйстве. 2018. №2 (27). С.268-271.

УДК 631.017.3:621.181

### ОБОСНОВАНИЕ СООТНОШЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ ИНФРАКРАСНОГО И КОНВЕКТИВНОГО НАГРЕВА В КОМБИНИРОВАННОЙ УСТАНОВКЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА

А.М. Шувалов, д.т.н, профессор, А.Н. Машков, к.т.н.  
ФГБНУ ВНИИТиН

г. Тамбов, Российская Федерация

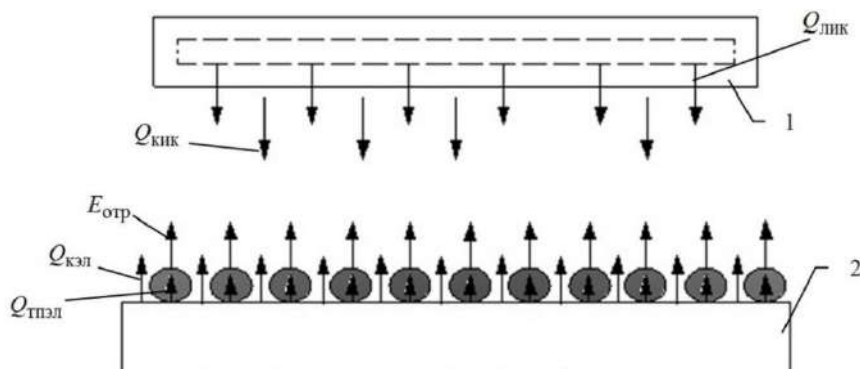
**Введение.** Доказано, что наиболее перспективным способом удаления из сои антипитательных веществ является комбинированный ее нагрев: сверху подачей тепла излучением от инфракрасных источников (ИК-источники), снизу – от электронагревательной поверхности транспортирующего устройства. Такой способ нагрева сои для удаления антипитательных веществ позволяет более равномерно прогревать весь объем зерна, сокращать время нагрева до заданной температуры, увеличивать производительность труда и снижать расход электроэнергии [1-3]. Однако для реализации этого способа возникает задача определения соотношения тепловых потоков от ИК-источников и от электронагревателей.

Следует отметить, что процесс переноса теплоты к зерну сои в рабочей зоне комбинированного нагрева сложный и включает: перенос теплоты конвекцией от ИК-источников и от электронагревательной поверхности (ЭНП), перенос теплопроводностью от ЭНП, перенос энергии инфракрасным излучением, отражением, поглощением и т.д.

**Основная часть.** В общем случае суммарный тепловой поток системы энергетического обеспечения процесса термической обработки сои с комбинированным нагревом описывается уравнением:

$$Q = Q_K + Q_L + Q_{\text{ТПЭЛ}}$$

где  $Q$  – суммарный тепловой поток, Вт;  $Q_K$  – тепловой поток конвективного теплопереноса, Вт;  $Q_L$  – тепловой поток лучеиспусканием, Вт;  $Q_{\text{ТПЭЛ}}$  – тепловой поток теплопроводностью от ЭНП, Вт.



1 - источник инфракрасного излучения, 2 – электронагревательная поверхность.

Рисунок 1 – Схема теплообмена в рабочей зоне нагрева зерна сои

Конвективный тепловой поток включает две составляющие:

$$Q_K = Q_{\text{кэл}} + Q_{\text{кик}}$$

где  $Q_{\text{кэл}}$  – конвективный тепловой поток от ЭНП, Вт;  $Q_{\text{кик}}$  – конвективный тепловой поток от отражателей ИК-источников, Вт.

Тепловые потоки излучением:

$$Q_{\text{л}} = Q_{\text{лик}} + Q_{\text{лэл}}.$$

где  $Q_{\text{лик}}$  – лучистый тепловой поток от ИК-источника, Вт;  $Q_{\text{лэл}}$  – лучистый тепловой поток от электронагревательной поверхности, Вт.

Тогда тепловые потоки, действующие на сою сверху и снизу:

$$Q = Q_{\text{кик}} + Q_{\text{лик}} + Q_{\text{тэл}} + Q_{\text{кэл}} + Q_{\text{лэл}}.$$

Согласно закона Ньютона-Рихмана количество теплоты, отдаваемой при конвективном теплообмене единицей поверхности тела в единицу времени, пропорционально разности температур поверхности тела и окружающей среды

$$q_{\text{к}} = \alpha_{\text{к}} \cdot (t_{\text{н}} - t_{\text{о}}).$$

где  $q_{\text{к}}$  – плотность теплового потока (удельный тепловой поток), Вт/м<sup>2</sup>;  $\alpha_{\text{к}}$  – коэффициент теплоотдачи, Вт/м<sup>2</sup>·°С;  $t_{\text{н}}$  – температура нагретой поверхности тела, °С;  $t_{\text{о}}$  – температура окружающего воздуха в рабочей зоне нагрева, °С.

При естественной (не принудительной) конвекции величину  $\alpha_{\text{к}}$  можно определить по формуле [4]:

$$\alpha_{\text{к}} = a \sqrt[4]{\Delta t},$$

где  $a$  – опытный коэффициент.

Расчеты показывают, что плотность теплового потока от электронагревательной поверхности в начале нагрева зерна сои в 1,8 раза больше, чем в конечной точке электронагревательной поверхности. Это следует учитывать при проектировании технологической линии термообработки сои.

Для решения задачи по переносу теплоты теплопроводностью от электронагревательной поверхности внутрь зерна сои воспользуемся законом Фурье, согласно которому поверхностная плотность теплового потока, передаваемого теплопроводностью, выражается уравнением:

$$q_{\text{тп}} = \frac{\lambda}{\delta} (t_{\text{эн}} - t_{\text{ц}}) = 9 \text{ кВт/м}^2.$$

где  $\lambda$  – удельная теплопроводность сои, Вт/м·°С;  $\delta$  – толщина зерна сои, м;  $t_{\text{эн}}$  – температура ЭНП, °С;  $t_{\text{ц}}$  – температура в центре зерна сои, °С.

По известной плотности теплового потока теплопроводностью и с учетом поверхности, передающей теплоту сои, можно определить полный тепловой поток, который равен:

$$Q_{\text{тп}}^{\text{эл}} = q_{\text{тп}} \cdot F_{\text{эл}} = 7,605 \text{ кВт},$$

где  $F_{\text{эл}}$  – площадь ЭНП, м<sup>2</sup>.

Примем ее такой же как у широко распространенного и серийно выпускаемого микронизатора УТЗ-4 равной 0,845 м<sup>2</sup>.

Определим полный тепловой поток конвекцией с учетом поверхности теплоотдачи и средней температуры нагрева сои (70 °С).

$$Q_{\text{к}} = F_{\text{эл}} \cdot \alpha_{\text{к}} \cdot (t_{\text{к}} - t_{\text{о}}) = 1,55 \text{ кВт}$$

Суммарная величина теплового потока передаваемого конвекцией и теплопроводностью от электронагревательной панели составляет

$$Q_{\Sigma} = Q_{\text{тп}} + Q_{\text{к}} = 9,155 \text{ кВт}.$$

Плотность теплового потока

$$q_{\Sigma} = 10,83 \text{ кВт/м}^2.$$

Общеизвестно, что излучаемая энергия зависит от длины волны и температуры тела. Зависимость спектральной плотности потока излучения от длины волны и температуры устанавливается законом Планка [5]:

$$E_{0\lambda} = \frac{2\pi c_1}{\lambda^5} \cdot \left( e^{-\frac{c_2}{\lambda T}} - 1 \right)^{-1},$$

где  $\lambda$  – длина волны, м;  $c_1$  – первая константа излучения, Вт/м<sup>2</sup>;  $c_2$  – вторая константа излучения, м·К;  $T$  – температура тела, К.

Из графического представления закона Планка в виде изотерм для различных температур, следует, что при длине волны  $\lambda \rightarrow 0$  и  $\lambda \rightarrow \infty$  плотность потока стремится к нулю.

У серийно выпускаемых ИК-ламп и используемых для нагрева сои температура излучающего тела 1200-1400 °С, максимальная плотность потока достигается при  $\lambda = 1 \dots 5$  мкм. Тепловым излучением лучистая энергия обладает при  $\lambda = 0,4 \dots 800$  мкм (видимое и инфракрасное излучение).

С снижением температуры тела до 600 °С и ниже, спектральная плотность потока излучения минимальная и наблюдается в диапазоне длин волн  $\lambda = 1,5 \dots 8$  мкм. Такое излучение характерно для электронагревательной

поверхности транспортирующего устройства сои и его можно из-за малости в расчетах не учитывать. Отсюда следует, что основной тепловой поток излучением поступает от ИК-ламп в виде инфракрасных лучей.

Для ИК-ламп характерно полусферическое излучение, зависимость плотности потока интегрированного полусферического излучения от температуры установлена законом Стефана-Больцмана, которая для удобства практических расчетов имеет вид [5]:

$$E_0 = C_0 \cdot \left( \frac{T_{ИК}}{100} \right)^4, \text{ Вт/м}^2$$

где  $E_0$  – плотность поступающего от ИК-лампы лучистого потока, Вт/м<sup>2</sup>;  $C_0$  – излучательная способность абсолютно черного тела, Вт/(м<sup>2</sup>·К<sup>4</sup>).

Полный поток излучения одной ИК-лампой составляет

$$Q_{лик} = E_0 \cdot F = 0,72 \text{ кВт.}$$

В микронизаторах зерна типа УТЗ-4 применены три секции инфракрасного нагрева, в каждой секции 11 ИК-ламп.

Поток излучения от трех секций ИК-ламп

$$Q_{\Sigma}^{ИК} = 23,76 \text{ кВт}$$

Следует отметить, что оболочка зерна сои серого цвета, то есть не только поглощает, но и частично отражает лучистую энергию и пропускает через массу тела.

Уравнение теплового баланса для лучистого теплообмена имеет вид [5]:

$$E_0 = E_{\text{погл}} + E_{\text{отр}} + E_{\text{проп}},$$

где  $E_{\text{погл}}$  – плотность потока поглощающей лучистой энергии, Вт/м<sup>2</sup>;  $E_{\text{отр}}$  – плотность отраженного лучистого потока, Вт/м<sup>2</sup>;  $E_{\text{проп}}$  – плотность потока пропускаемого излучения в зерно сои, Вт/м<sup>2</sup>

$$E_{\text{проп}} = D \cdot E_{\text{пад}}.$$

Для многих твердых тел принимается  $D=0$ , так как они практически являются не прозрачными, для сои тоже можно принять  $D=0$ , то есть плотность потока пропускаемого излучения ничтожно мала  $E_{\text{проп}}=0$ .

В рабочей зоне комбинированного нагрева сои ИК-лампы расположены на малом расстоянии (<3см) от поверхности сои. В этом случае отраженный от оболочки сои лучистый поток снова отразится от зеркальной поверхности отражателя ИК-источника и поглотится зерном сои.

Следовательно, для практических расчетов можно принять:

$$E_0 \approx E_{\text{погл}} = E_{\text{ИК}}.$$

Тогда поверхностная плотность поступающего от ИК-ламп лучистого теплового потока составит

$$E_{\text{ИК}} = \frac{Q_{\Sigma}^{ИК}}{F} = 28,1 \text{ кВт/м}^2.$$

С учетом выше изложенного можно определить соотношение плотностей тепловых потоков, поступающих для нагрева сои сверху от ИК-источников и снизу – от ЭНП транспортирующего устройства.

$$N = \frac{E_{\text{ИК}}}{q_{\text{ЭН}}} = \frac{28,1}{10,83} = 2,6.$$

**Заключение.** Величина соотношения тепловых потоков  $N = 2,6$  имеет важное значение при проектировании систем энергообеспечения процесса термической обработки зерна сои, она подтверждена результатами теоретических и экспериментальных исследований.

### Литература

1. Шувалов А.М. Перспективы применения комбинированного электронагрева зерна сои для удаления антипитательных веществ. / А.М. Шувалов, Д.С. Чернов, А.Н. Машков, В.Ф. Калинин. // Вестник ВИЭСХ. – 2014. – №3(16). – С. 75–77.
2. Шувалов А.М. Многоцелевой термоагрегат. / А.М. Шувалов, А.Н. Машков, К.А. Набатов, Д.С. Чернов. // Сельский механизатор. – 2014. – №3(16). – С. 10–11.
3. Шувалов А.М. Определение расхода электроэнергии инфракрасными излучателями на микронизацию сои. / А.М. Шувалов, Д.С. Чернов, В.Ф. Калинин, К.А. Набатов. // Наука в центральной России. – 2014. – №1(7). – С. 52-55.
4. Фильней М.И. Проектирование вентиляционных установок. – М.: Высшая школа, 1976, 206 с.
5. Исаченко В.П., Осипова В.А., Суколин А.С. Теплопередача. – М.: Энергоиздат. 1981, с. 417.

УДК 631.017.3:621.181

## ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЖИМОВ ОХЛАЖДЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКИ ОБРАБОТАННОГО ЗЕРНА

А.М. Шувалов, д.т.н, профессор, А.Н. Машков, к.т.н.

ФГБНУ ВНИИТиН

г. Тамбов, Российская Федерация

**Введение.** Термически обработанное зерно с температурой 90-110 °С нельзя отправлять на склад. Для охлаждения его разработана установка на базе вибрационного транспортёра [1]. Экспериментальные исследования показали, что в регионах с умеренным климатом и температурой наружного воздуха 8-10 °С темперированное зерно можно охладить до нормируемых значений при его движении в камере охлаждения 105-140 с [2, 3].

Однако в регионах страны с длительным стоянием высоких температур (20- 25 °С) наружного воздуха в осенний период уборка и обработка зерна сои будет проводится при таких температурах. Если же температура окружающего воздуха достаточно высокая, то эффективность охлаждения темперированной сои снижается. Для изучения охлаждения темперированной сои при высоких температурах окружающего воздуха проведены исследования на экспериментальной установке [4].

**Основная часть.** Из результатов исследований, представленных на рисунке 1 и полученных при температуре охлаждающего воздуха +9 °С (характерной для осеннего периода в регионах с умеренным климатом, когда сою убирают с полей) следует, что зерно охладится до рекомендуемого значения при условии нахождения его в камере охлаждения 105...140 с.

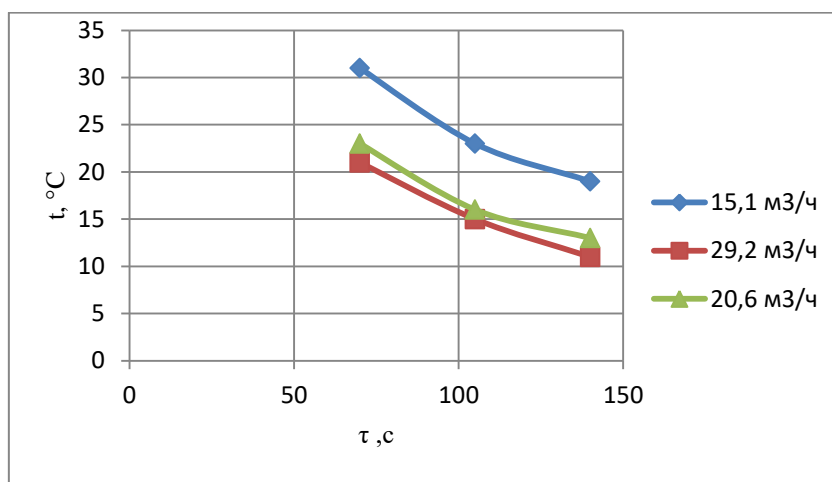


Рисунок 1 – Температура охлаждаемого зерна при температуре окружающего воздуха +9 °С.

Однако в наиболее тёплых климатических регионах России (Краснодарский край, Ставропольский край, Волгоградская область и др.) уборка сои и термообработка может проводится при более высоких температурах наружного воздуха 20-25 °С. В этом случае охлаждение темперированной сои будет менее эффективным, так как температурный напор между тёплым окружающим воздухом и темперированной соей на 20-25 °С меньше.

В этой связи был проведён эксперимент по охлаждению темперированной сои при температуре окружающего воздуха 26 °С. При такой температуре воздуха отгружаемая на хранение соя должна иметь температуру не выше

$$T_{отгр} = 26 + 10 = 36^\circ\text{C}$$

Результаты экспериментальных исследований, проведённых при температуре воздуха +26 °С, показали (рисунок 2, 3, 4.), что во всех опытах при времени движения сои в охлаждающей камере 140 с она охлаждается до 31 – 33 °С, а при времени 105 с – до 36 – 38 °С. То есть сою с такой температурой можно отгружать на склад.

По данным этих опытов наилучшие результаты по охлаждению сои (рисунки 2,3,4) были достигнуты при подачи воздуха в камеру охлаждения 20,6 м³/мин (1236 м³/ч) и времени прохождения ее в камере охлаждения 140 с, то есть конечная температура охлаждаемой сои была 31 °С.

Важно отметить, чтобы обеспечить поточность технологических процессов термической обработки и охлаждения сои, задающим параметром является время нагрева ее в высокотемпературной камере до заданного значения. А система охлаждения является в данном случае вторичным звеном и параметры ее (скорость, время движения) должны согласовываться с параметрами термообработки.

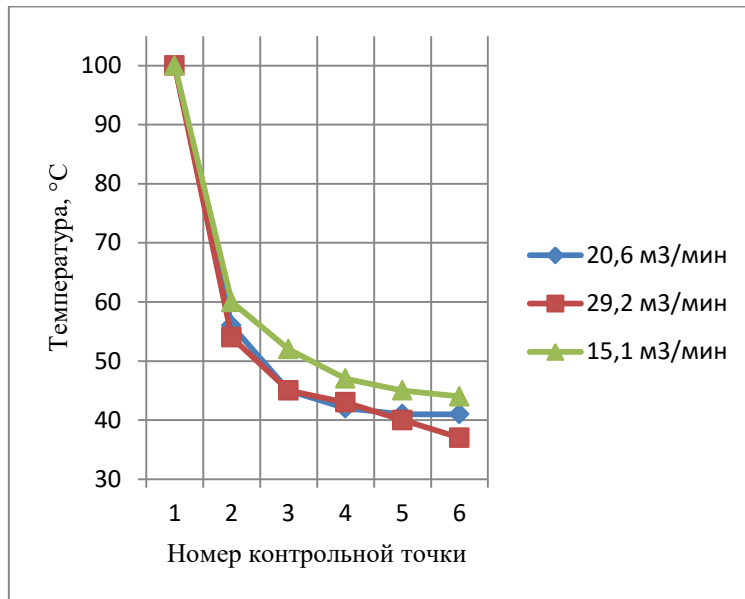


Рисунок 2 – Изменение температуры сои в охлаждающей камере, при движении ее в ней 70 с ( $t_{\text{окр}}=26\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

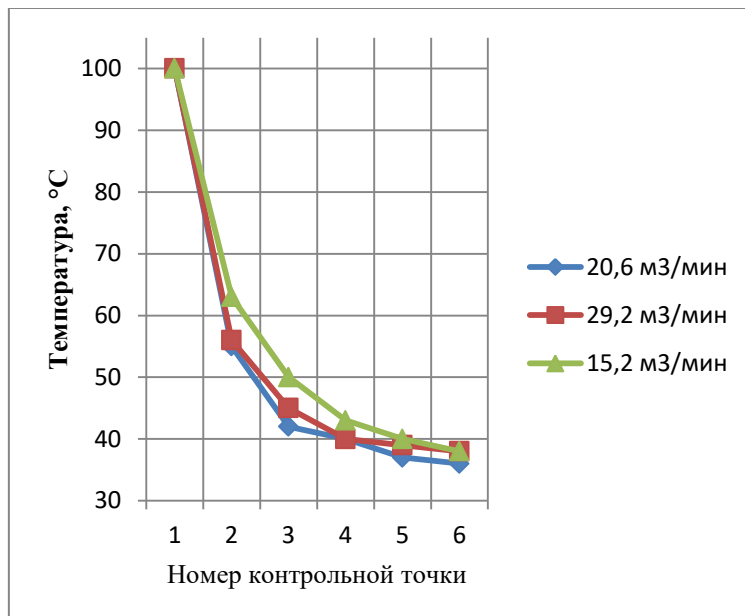


Рисунок 3 – Изменение температуры сои в охлаждающей камере, при движении ее в ней 105 с ( $t_{\text{окр}}=26\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

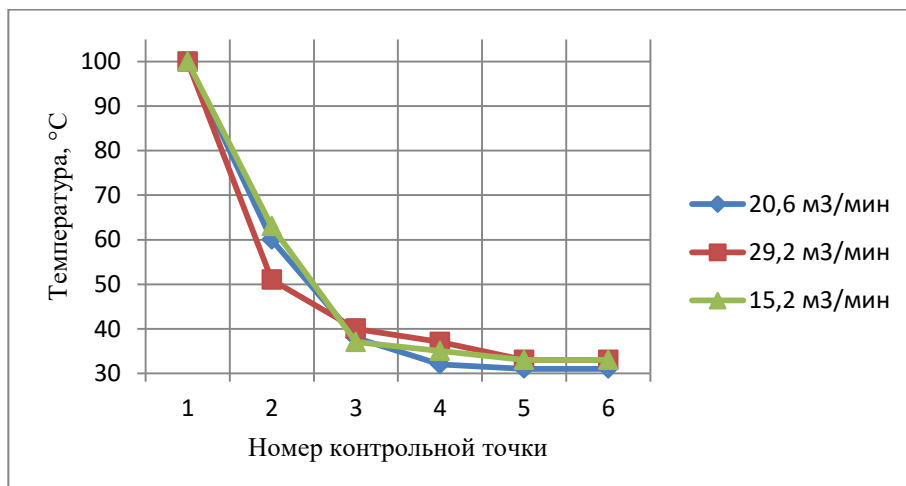


Рисунок 4 - Изменение температуры сои в охлаждающей камере, при движении ее в ней 140 с ( $t_{\text{окр}}=26\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

**Заключение.** Разработанная система охлаждения обеспечивает снижение температуры темперированного зерна до нормируемых значений при времени движения её в камере охлаждения 105...140с.

#### **Литература**

1. Патент на изобретение №2694408 РФ. СПК В02В 5/00. Устройство для темперирования сои / Шувалов А.М., Машков А.Н., Тихомиров Д.А.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ВНИИТиН, опубл.12.07.2019. Бюл. № 20.

2. Шувалов А.М., Машков А.Н., Чернов Д.С., Шулаев Г.М., Вотановская Н.А. Энергоэкономный способ термообработки сои // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2015. – №3. – С.7 – 8.

3. Патент на изобретение №2645345. Российская Федерация. МПК А23В 9/02. Устройство для термообработки зерна. / Шувалов А.М., Машков А.Н.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ВНИИТиН. Оpubл.21.02.2018. Бюл.№6.

4. Патент на изобретение. №2694631 РФ. СПК А23В 9/02. Устройство для термообработки зерна /Шувалов А.М., Машков А.Н.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ВНИИТиН. Оpubл.16.07.2019. Бюл. №20.

УДК 621.3.036

### **ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ СИСТЕМА НА ОСНОВЕ САМОРЕГУЛИРУЕМЫХ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЕЙ С НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫМИ ЭЛАСТОМЕРАМИ И ТЕПЛОВЫМИ АККУМУЛЯТОРАМИ ДЛЯ ОЧИСТКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

**Д.В. Щегольков, к.т.н., доцент, Н.В. Земцова, В.В. Клитинов, П.Н. Никулин**

**ФГБОУ ВО «ТГТУ»**

*г. Тамбов, Российская Федерация*

Технологии переработки растительного сырья имеют важное значение для агропромышленного комплекса (АПК), так как позволяют значительно повысить экономическую рентабельность всего технологического процесса производства. Снижение потерь растительного сырья и сохранение всех ценных биологических компонентов является первоочередной задачей, которая должна быть решена при создании оборудования для переработки растительного сырья [1-3]. Одним из направлений в технологиях переработки растительного сырья является направление очистки паром плодоовощной продукции от кожуры. Конструктивно устройство очистки паром выполнено в виде емкости, в которой предусматривается подвод пара и его последующее удаление, а также элементы отвода образующегося конденсата [4]. Таким образом, обработка паром позволяет термически воздействовать на верхний слой овощей и плодов, что создает температурный градиент и после чего изменение давления или создание разрежения в емкости позволяет снять внешний покровный слой (кожуру). Представленный подход является более эффективным, с точки зрения сохранения растительного сырья, чем механическая очистка, при которой могут возникать потери растительного сырья. И чем сложнее конфигурация плодоовощной продукции, тем будут выше потери массы при очистке механическим способом.

При этом оборудование для очистки паром плодоовощной продукции от кожуры должно иметь минимальные энергетические потери и быть технологичным в производстве. Повышение энергоэффективности технологического оборудования для очистки паром овощей и плодов от кожуры может быть реализовано с применением тепловых аккумуляторов и электронагревателей, обладающих эффектом саморегулирования температуры [5-6]. Следует уделить внимание такому вопросу, как возможность работы установки без использования дополнительных средств автоматизации, которые приводят к усложнению конструкции, а также снижению надежности и увеличению стоимости.

Цель исследований – разработка системы очистки паром плодоовощной продукции с комбинированным применением тепловых аккумуляторов и электронагревателей.

**Методика и материалы.** Система для очистки растительного сырья (рисунок 1) имеет емкость (1) с отверстием и крышкой (2) для загрузки продукта – растительного сырья (3). Емкость конструктивно разделена на две части: в верхней части расположен погрузочный отсек для растительного сырья (3) с группой симметричных сеток (4) с полимерной основой, расположенных друг над другом. Жидкостно-кольцевой вакуумный насос (6) подключается через патрубок (5). В нижней части расположен цилиндр (7) с нагревателями с саморегулированием температуры (8) из полимера с добавками – многослойными углеродными нанотрубками (МУНТ) – с диэлектрической внешней оболочкой, которые закреплены к поддону емкости на диэлектрических изоляторах (9). На боковой и верхней поверхности емкости расположен тепловой аккумулятор (10) – парафин, модифицированный МУНТ. Наномодифицированный парафин обладает теплоемкостью фазового перехода на уровне 10 кДж/кг<sup>°С</sup> и теплопроводностью 0,5 Вт/м<sup>°С</sup>. Для равномерности распределения пара имеются вспомогательные периферийные емкости (11) с нагревателями (12), которые располагаются симметрично относительно основного цилиндра (7) с нагревателями (8) [5,6].

При подаче напряжения (220 В) на нагреватели происходит парообразование. Пар поднимается в направлении сетки с плодоовощным материалом. При воздействии пара на растительный материал происходит резкий рост температуры на поверхности, а последующее создание вакуума приводит к отслоению кожуры от

плодовоощной продукции. Для изготовления устройства могут быть использованы полимерные материалы, такие как фторопласт, что позволит снизить массогабаритные параметры и обеспечить большой срок службы. Для подбора нагревателя использована оценка распределения температурного поля на поверхности нагревателя с помощью бесконтактного метода измерения, реализованного в тепловизоре Testo 875-1 (Германия, Testo).

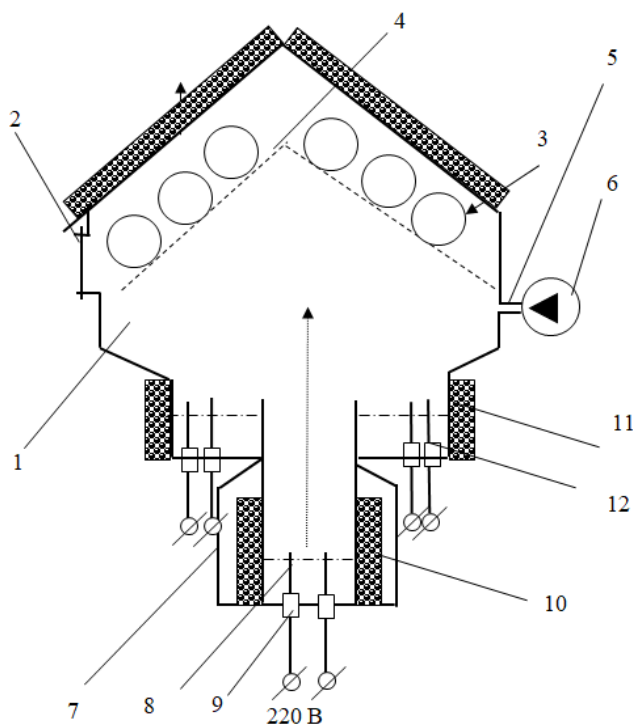


Рисунок 1 - Установка для очистки растительного сырья:

- 1 – емкость; 2 – крышка; 3 – растительное сырье; 4 – группа симметричных сеток; 5 – патрубок;  
6 – жидкостно-кольцевой вакуумный насос; 7 – цилиндр; 8 – нагреватели с саморегулированием температуры;  
9 – диэлектрическая вставка; 10 – тепловой аккумулятор; 11 – периферийные емкости;  
12 – нагреватели

**Результаты и их анализ.** Для обеспечения режима парообразования подобран нагреватель с эффектом саморегулирования температуры с максимальным температурным режимом 107,3 °С (рисунок 2). При этом для электропитания используется переменное напряжение 220 В, что позволяет подключать такие нагреватели к обычной однофазной бытовой электросети без применения специализированных преобразователей.

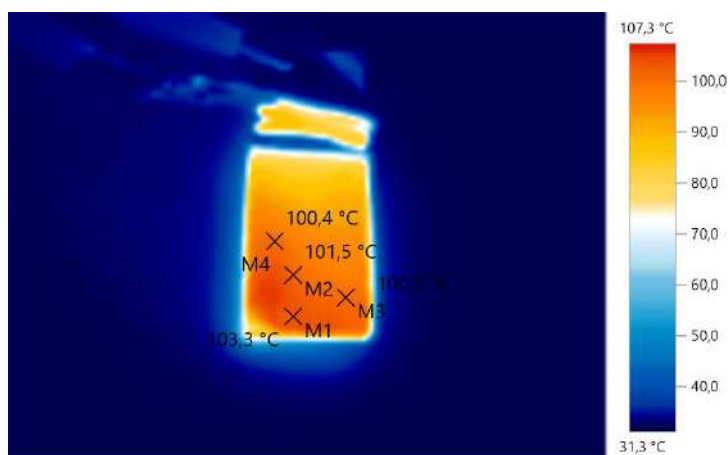


Рисунок 2 - Термограмма нагревателя с эффектом саморегулирования температуры

Производительность энергоэффективной системы на основе саморегулируемых электронагревателей с наномодифицированными эластомерами и тепловыми аккумуляторами для очистки растительного сырья зависит от размеров емкости и массы загружаемой плодовоощной продукции и может составлять от 20 до 12000 кг/ч.

**Выводы.** Тепловые аккумуляторы позволяют накапливать тепловую энергию во всем объеме устройства, что существенно снижает расход энергии на процесс парообразования, а также сокращает время парообразования, тем самым ускоряя процесс очистки плодовоощной продукции. Применение нагревателей с



эффектом саморегулирования температуры на полимерной основе позволяет использовать в качестве воды дистиллированную воду для получения пара, так как не требуется электродный нагрев, в котором требуется проводимость воды. Также эффект саморегулирования температуры в нагревателях не требует применения дополнительных средств автоматики, что снижает стоимость и повышает надежность устройства. Концепции совместного применения тепловых аккумуляторов и нагревателей с эффектом саморегулирования температуры открывают новые технологические возможности для массовой очистки тыквы, картофеля, моркови, свеклы и других овощей и плодов как на овощеперерабатывающих заводах, так и на предприятиях общественного питания.

**Благодарности.** Работа выполнена при поддержке управления образования и науки Тамбовской области в рамках Соглашения №2/МУ2022 о предоставлении гранта по проекту №МУ 2022-02/5 областного конкурса «Гранты для поддержки прикладных научных исследований молодых ученых 2022 года».

### Литература

1. Liu J., Liu Y., Wang X. Effects of bioactive compounds and pharmacological activities in medicinal fruits and vegetables by thermal processing // Journal of Future Foods. – 2023. – V. 3(3). – P. 252-262. DOI: 10.1016/j.jfutfo.2023.02.009.
2. Gomes B.A.F., Alexandre A.C.S., de Andrade G.A.V., Zanzini A.P., de Barros H.E.A., e Silva L.M.d.S.F., Costa P.A., Boas E.V.d.B.V. Recent advances in processing and preservation of minimally processed fruits and vegetables: A review – Part 2: Physical methods and global market outlook // Food Chemistry Advances – 2023. – V. 2. – P. 100304. DOI: 10.1016/j.focha.2023.100304.
3. Hu Q., Zhang J., He L., Xing R., Yu N., Chen Y. New insight into the evolution of volatile profiles in four vegetable oils with different saturations during thermal processing by integrated volatolomics and lipidomics analysis // Food Chemistry. – 2023. – V. 403. – P. 134342. DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.134342.
4. Пат. 2039477 С1 Российская Федерация, МПК А23N 7/00(2006.01). Устройство для очистки паром овощей и плодов от кожуры / А. А. Кирсанов ; патентообладатель Липецкий политехнический институт. – № 93016368/13 ; заявл. 31.03.1993 ; опубл. 20.07.1995.
5. Пат. 2771723 С1 Российская Федерация, МПК F26B 17/10, F26B 5/04, F26B 7/00. Энергоэффективная система для глубокой переработки растительного сырья с тепловыми аккумуляторами и электронагревателями / Ю. В. Родионов, А. В. Щегольков, А. В. Щегольков [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет». – № 2021127502 ; заявл. 20.09.2021 ; опубл. 11.05.2022.
6. Пат. 2759808 С1 Российская Федерация, МПК А23N 7/00. Установка на основе саморегулируемых электронагревателей с наномодифицированными эластомерами и тепловыми аккумуляторами для очистки растительного сырья / Ю. В. Родионов, А. В. Щегольков, Д. В. Никитин, И. В. Иванова ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет». – № 2021111299 ; заявл. 21.04.2021 ; опубл. 18.11.2021.

УДК 630\*378.33

### ПУТИ СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ НА ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПЛОСКИХ СПЛОТОЧНЫХ ЕДИНИЦ

**В.В. Васильев**, к.т.н.

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I  
г. Воронеж, Российская Федерация

Транспортировка лесоматериалов водным транспортом является сложным процессом [1, 2, 3, 4, 5, 6], состоящим из определенных этапов, реализация которых требует привлечения материальных, финансовых и трудовых ресурсов. Рассматривая процесс транспортировки лесоматериалов водным транспортом, например по разработанным транспортно-технологическим схемам, функционирующим на базе плоских сплотовых единиц [4, 5, 6], можно сделать вывод, что весь комплекс финансовых затрат формируется на разных стадиях выполнения сплавных работ, при этом количественный показатель финансовых затрат на каждой стадии образуется от вида используемого транспорта и планируемого объема сплава лесоматериалов.

Для предложенных транспортно-технологических схем, функционирующих на базе плоских сплотовых единиц [4, 5, 6], с учетом методики обоснования годового экономического эффекта от использования усовершенствованных плоских сплотовых единиц на первоначальном и магистральном сплаве древесины [7] сумма затрат на выполнение сплава лесоматериалов рассчитывается следующим образом

$$\sum Z_{ТС} = Z_{СПЕС} n_{СПЕС} + Z_{СПСЕЛ} n_{СПСЕЛ} + Z_{ФПСЕ} n_{ФПСЕ} + Z_{ТПСЕ} + Z_{ЛПСЕ} n_{ЛПСЕ} + Z_{БСПСЕ} + Z_{БЛПСЕ} n_{БЛПСЕ} + Z_{ППСЕ} n_{ППСЕ} + Z_{ПЛПСЕ} n_{ПЛПСЕ} + Z_{БПСЕЛ} n_{БПСЕЛ} + \frac{Z_{МПСЕ}}{t_{СПСЕ}}, \quad (1)$$

где  $Z_{СПЕС}$  – общие затраты, потребные на сплотку одной плоской сплотовой единицы, предназначенной для самосплава, тыс. рублей;

$n_{СПСЕС}$  – расчетное количество плоских сплочных единиц, необходимых для изготовления, которые предназначены для самосплава, шт.;

$Z_{СПСЕЛ}$  – общие затраты, потребные на сплотку одной плоской сплочной единицы, предназначенной для формирования линейки, тыс. рублей;

$n_{СПСЕЛ}$  – расчетное количество плоских сплочных единиц, необходимых для изготовления, которые предназначены для формирования линеек, шт.;

$Z_{ФЛСЕ}$  – общие затраты, потребные на формирование из плоских сплочных единиц одной укрупненной лесотранспортной единицы, тыс. рублей;

$n_{ФЛСЕ}$  – расчетное количество формирующихся укрупненных лесотранспортных единиц из плоских сплочных единиц, шт.;

$Z_{ПЛСЕ}$  – общие затраты при сплаве плоских сплочных единиц вольницей, тыс. рублей;

$Z_{ЛПСЕ}$  – общие затраты, потребные на формирование из плоских сплочных единиц одной линейки, тыс. рублей;

$n_{ЛПСЕ}$  – расчетное количество линеек, изготавливаемых для буксировки плоских сплочных единиц, шт.;

$Z_{БСПСЕ}$  – общие затраты, формирующиеся при транспортировке плоских сплочных единиц в судах, тыс. рублей;

$Z_{БЛПСЕ}$  – общие затраты, потребные на буксировку одной линейки из плоских сплочных единиц, тыс. рублей;

$n_{БЛПСЕ}$  – расчетное количество линеек из плоских сплочных единиц, планируемых для буксировки, шт.;

$Z_{ПЛСЕ}$  – общие затраты, потребные на формирование из плоских сплочных единиц одного плота, тыс. рублей;

$n_{ПЛСЕ}$  – расчетное количество плотов, изготавливаемых для буксировки плоских сплочных единиц, шт.;

$Z_{ПЛПСЕ}$  – общие затраты, потребные на формирование одного плота из линеек на базе плоских сплочных единиц, тыс. рублей;

$n_{ПЛПСЕ}$  – расчетное количество плотов, изготавливаемых из линеек для буксировки плоских сплочных единиц, шт.;

$Z_{БЛСЕЛ}$  – общие затраты потребные на буксировку одного плота из плоских сплочных единиц или линеек, тыс. рублей;

$n_{БЛСЕЛ}$  – расчетное количество плотов из плоских сплочных единиц или линеек, планируемых для буксировки, шт.;

$Z_{МПСЕ}$  – затраты на приобретение машин и оборудования для организации сплава лесоматериалов в плоских сплочных единицах или затраты на модернизацию существующих машин и оборудования, тыс. рублей;

$t_{СПСЕ}$  – срок использования машин и оборудования, приобретенных для организации сплава древесины в плоских сплочных единицах, или срок использования модернизированных машин и оборудования, лет.

В равенстве (1), для сокращения суммы затрат на выполнение сплава лесоматериалов в плоских сплочных единицах, и формирования годового экономического эффекта от их использования необходимо уделять особое внимание на снижение стоимости изготовления одной плоской сплочной единицы, не зависимо от условий ее использования. То есть, в практических условиях показатели  $Z_{СПСЕС}$  и  $Z_{СПСЕЛ}$  должны быть максимально сокращены.

В настоящее время снижение стоимости изготовления плоских сплочных единиц обеспечивается решением трех задач:

- 1) разработка нового поколения плоских сплочных единиц, имеющих простую конструкцию, высокие транспортно-эксплуатационные показатели и приспособленных для машинного изготовления;
- 2) разработка специализированных технических средств, осуществляющих изготовление усовершенствованных плоских сплочных единиц;
- 3) совмещение процессов вывозки лесоматериалов из лесосек на береговой склад и изготовления усовершенствованных плоских сплочных единиц.

Для решения первой задачи с учетом требований, предъявляемых к современным сплочным единицам, разработаны плоские сплочные единицы нового поколения [8, 9, 10], которые защищены патентами РФ № 2777676 [8], № 210485 [9], № 2777674 [10]. Усовершенствованные плоские сплочные единицы характеризуются простотой конструкции и высокими транспортно-эксплуатационными показателями. При этом главным преимуществом данных плоских сплочных единиц над всеми известными плоскими сплочными единицами является приспособленность к машинному изготовлению.

При решении второй задачи с учетом конструктивных особенностей полученных плоских сплочных единиц разработаны сплочная машина и грузовая платформа, предназначенные для их изготовления. Сплочная машина защищена патентом РФ № 199681 [11], а грузовая платформа – патентом РФ № 213802 [12]. Разработанная сплочная машина используется на береговых складах для изготовления плоских сплочных единиц, которые аналогичны по конструкции плоской сплочной единице, защищенной патентом РФ № 277674 [10].

Грузовая платформа устанавливается на транспортное средство: форвардер, автомобиль, прицеп, она позволяет изготавливать плоские сплочные единицы, аналогичные по конструкции плоским сплочным единицам, защищенным патентами РФ № 277676 [8] и № 210485 [9], в процессе погрузки лесоматериалов [13], например, манипуляторами, и транспортировать плоские сплочные единицы, например, с лесосеки к месту спуска в водоем [14]. В данном случае погрузка лесоматериалов на лесосеке совмещается с изготовлением плоской сплочной единицы – это решение третьей задачи. В данном случае есть ряд ограничений: не все конструкции могут быть собраны в грузовой платформе, параметры сплочных единиц ограничиваются внутренними размерами грузовой платформы, в первую очередь ограничивается ширина изготавливаемых сплочных единиц, расстояние между кониками грузовой платформы зависит от длины используемых лесоматериалов, то есть от длины сплочных единиц.

Комплексное решение обозначенных задач способствует снижению затрат на изготовление плоских сплочных единиц и соответственно затрат на поставку древесины потребителям по водным путям.

### Литература

1. Васильев В.В. Модернизированный плот для рек с малыми глубинами // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2015. № 1. С. 45–58.
2. Васильев В.В., Афоничев Д.Н. Расчет прочности модернизированной плоской сплочной единицы // Resources and Technology. 2023. № 1, Т. 20. С. 1–25. DOI: 10.15393/j2.art.2023.6623.
3. Васильев В.В., Афоничев Д.Н. Обоснование показателя гибкости плота из сплочных единиц // Изв. вузов. Лесной журнал. 2022. № 4. С. 146–155. DOI: 10.37482/0536-1036-2022-4-146-155.
4. Васильев В.В. Обоснование параметров транспортно-технологической схемы поставки древесины в плоских сплочных единицах по принципу плот (линейка) – плот // Resources and Technology. 2021. № 2, Т. 18. С. 48–78. URL: <https://rt.petrus.ru/journal/article.php?id=5603>. DOI: 10.15393/j2.art.2021.5603.
5. Васильев В.В., Аксенов И.И. Транспортно-технологическая схема поставки лесоматериалов потребителям в плоских сплочных единицах по принципу плоская сплочная единица – баржа // Наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: материалы международной научно-практической конференции; г. Воронеж 24-25 ноября 2020 г. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. 2020. С. 30–33.
6. Васильев В.В. Транспортно-технологическая схема поставки древесины водным транспортом в плоских сплочных единицах по принципу плоская сплочная единица – плот // Арктика: инновационные технологии, кадры, туризм: материалы международной науч.-практ. онлайн-конференции; г. Воронеж, 17–19 ноября 2020 г. Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова». 2020. С. 335–340.
7. Васильев В.В., Афоничев Д.Н. Использование плоских сплочных единиц на первоначальном сплаве лесоматериалов // Изв. вузов. Лесной журнал. 2022. № 1. С. 128–142. DOI: 10.37482/0536-1036-2022-1-128-142.
8. Пат. 277676 РФ, МПК В65В 35/02. Плоская сплочная единица / В.В. Васильев, Д.Н. Афоничев, В.А. Морковин, В.В. Абрамов, Е.В. Поздняков; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова». № 2021140062; заявл. 30.12.2021; опубл. 08.08.2022, бюл. № 22. 8 с.
9. Пат. 210485 РФ, МПК В 63 В 35/62. Плоская сплочная единица / В.В. Васильев, Д.Н. Афоничев, В.А. Морковин, В.В. Абрамов, Е.В. Поздняков; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова». № 2021125409; заявл. 19.10.2020; опубл. 18.04.2022, бюл. № 11. 5 с.
10. Пат. 277674 РФ, МПК В65В 35/02, В65G 69/20. Плоская сплочная единица / В.В. Васильев, Д.Н. Афоничев, В.А. Морковин, В.В. Абрамов, Е.В. Поздняков; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова». № 2021140068; заявл. 30.12.2021; опубл. 08.08.2022, бюл. № 22. 8 с.
11. Пат. 199681 РФ, МПК В65G 69/00, 57/18. Сплочная машина / В.В. Васильев, Д.Н. Афоничев, В.А. Морковин, Е.В. Поздняков; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова» (RU). № 2020119839; заявл. 08.06.2020; опубл. 14.09.2020, бюл. № 26. 5 с.
12. Пат. 213802 РФ, МПК В 60 Р 3/41. Грузовая платформа / В.В. Васильев, Д.Н. Афоничев, А.В. Лощенко; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I». № 2022123837; заявл. 08.09.2022; опубл. 29.09.2022, бюл. № 28. 10 с.

13. Афоничев Д.Н., Пядухов А.В., Рыбников П.С. Размещение погрузочных пунктов вдоль лесовозного уса // Перспективные технологии, транспортные средства и оборудование при производстве, эксплуатации, сервисе и ремонте: межвуз. сб. науч. тр. / Воронежская государственная лесотехническая академия. Воронеж, 2010. Вып. 5. С. 84–87.

14. Афоничев Д.Н. Алгоритм расчета в системе автоматизированного проектирования оптимальных параметров размещения лесовозных веток и усов // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2010. № 5. С. 82–86.

УДК 621.822.6.004.67: 668.3: 631.3.02

### ФРАКТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭЛАСТОМЕРНОГО НАНОКОМПОЗИТА ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗНОШЕННЫХ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

Р.И. Ли, д.т.н., профессор, А.Ю. Мельников, аспирант  
ФГБОУ ВО ЛГТУ

г. Липецк, Российская Федерация

**Введение.** Эффективность восстановления корпусных деталей существенно повышается при использовании полимерных нанокompозитов [1]. Наполнение полимера наночастицами приводит к изменению его структуры, кардинальному улучшению его эксплуатационных свойств [2]. Представляют научную и практическую ценность исследования и разработка нового эластомерного нанокompозита для высокоэффективной технологии восстановления, обеспечивающей увеличение послеремонтного ресурса корпусных деталей, повышение надежности и снижение затрат на ремонт сельскохозяйственной техники.

**Цель исследования** – провести фрактальный анализ структуры эластомерных нанокompозитов и на его основе обосновать перспективность использования углеродных нанотрубок для улучшения механических свойств эластомеров.

**Методика исследований.** При изучении механических свойств исследовали три состава нанокompозита: состав № 1: эластомер Ф-40С – 100 масс. ч., УНТ – 0,075 масс. ч.; состав № 2: эластомер Ф-40С – 100 масс. ч., УНТ – 0,100 масс. ч.; состав № 3: эластомер Ф-40С – 100 масс. ч., УНТ – 0,125 масс. ч.

В качестве наполнителя использовали УНТ марки «Таунит-М» [3].

Оценку механических свойств нанокompозита эластомера Ф-40С, наполненного УНТ, проводили по прочности  $\sigma_p$  и относительному удлинению  $\varepsilon_p$  образцов.

В качестве образцов использовали пленки нанокompозита прямоугольной формы, размерами:  $50 \times 10 \times 0,15$  мм, при расчетной длине составляющей 30 мм. Испытания образцов проводили с помощью разрывной машины марки ИР 5082-50.

Прочность пленок  $\sigma_p$  полимерного нанокompозита определяли, используя формулу

$$\sigma_p = \frac{F_p}{A_n},$$

где  $F_p$  – разрушающая нагрузка, Н;  $A_n$  – площадь поперечного сечения пленки,  $\text{мм}^2$ .

Относительное удлинение пленок  $\varepsilon_p$  полимерного нанокompозита рассчитывали, используя формулу

$$\varepsilon_p = \frac{\Delta l_0}{l_0},$$

где  $l_0$  – начальная расчетная длина пленки, мм;  $\Delta l_0$  – изменение расчетной длины образца в момент разрыва, мм.

Результаты исследований.

Степень усиления нанокompозита, наполненного УНТ можно определить по формуле [4]

$$\frac{E_k}{E_{II}} = 1 + 11(\varphi_n + \varphi_{mf})^{1,7}, \quad (1)$$

где  $E_k$  и  $E_{II}$  – модули упругости композита и полимерной матрицы;

$\varphi_n$  и  $\varphi_{mf}$  – объемные относительные доли наночастиц наполнителя и межфазных областей, соответственно.

Формула для расчета степени усиления нанокompозитов, с учетом молекулярной подвижности полимерных цепей имеет вид

$$\frac{E_k}{E_n} = 1 + 0,32W^{1/2}l_{ст}, \quad (2)$$

где  $W$  – массовое содержание наночастиц наполнителя, %;  $l_{ст}$  – длина статистического сегмента полимерной матрицы, нм.

После преобразования формула (2) получила вид

$$l_{ст} = \frac{\left(\frac{E_k}{E_n} - 1\right)}{0,32\sqrt{W}}. \quad (3)$$

В рамках фрактального анализа появление межфазного слоя в нанокompозите обусловлено взаимодействием двух фрактальных объектов: эластомера и поверхности частицы наполнителя. Взаимное проникновение фрактальных объектов определяет толщину межфазного слоя  $l_{мф}$ . В виду того, что модуль упругости наполнителя многократно превышает аналогичный параметр матрицы, подобное взаимодействие проявляется во внедрении наполнителя в полимерную матрицу на расстояние  $l = l_{мф}$ .

Толщину межфазного слоя при проведении фрактального анализа структуры эластомерных нанокompозитов определяли по формуле [5]

$$l_{мф} \approx a \left(\frac{r_n}{a}\right)^{\frac{2(d-d_s)}{d}},$$

где  $a$  – нижний линейный масштаб фрактального поведения, который для полимеров принимают равным длине статистического сегмента  $l_{ст}$ ,  $r_n$  – радиус наночастицы наполнителя, для УНТ  $r_n = 15$  нм;  $d$  – размерность евклидова пространства, в котором рассматривается фрактал,  $d = 3$ ;  $d_s$  – фрактальная размерность (шероховатость) поверхности наночастиц наполнителя, для УНТ  $d_s = 2$ .

Статистическую гибкость полимерной цепи можно определить, используя систему уравнений

$$\begin{cases} \lambda_p = C_\infty^{D_n - 1}, \\ C_\infty^{D_n} = \frac{2}{\varphi_{кл} + \varphi_n + \varphi_{мф}}, \end{cases} \quad (5)$$

где  $\lambda_p$  – предельная степень вытяжки нанокompозита;  $D_n$  – фрактальная размерность участка полимерной цепи его фиксации кластерами;  $C_\infty$  – статистическая гибкость полимерной цепи;  $\varphi_{кл}$  – объёмная доля узлов (кластеров) сетки физических зацеплений (узел сетки – контакт двух сегментов с замороженной молекулярной подвижностью).

Величину  $\varphi_{кл}$  определили из зависимости

$$\varphi_{кл}^{pp} = \varphi_{кл}(1 - \varphi_n) \rightarrow \varphi_{кл} = \frac{\varphi_{кл}^{pp}}{1 - \varphi_n},$$

где  $\varphi_{кл}^{pp}$  – приведенное значение объёмной доли кластеров.

Для расчёта  $\varphi_{кл}^{pp}$  использовали уравнение

$$T_c = 20 - 262\varphi_{кл}^{pp}.$$

Значения величины  $C_\infty^{D_n}$  определяли при разном  $\varphi_n$  по формуле

$$C_\infty^{D_n} = \frac{2}{\varphi_{кл} + \varphi_n + \varphi_{мф}}.$$

Преобразовали верхнее уравнение (4) к виду

$$C_{\infty} = \frac{C_{\infty}^{D_{\text{ц}}}}{\lambda_p},$$

Затем рассчитали величину  $D_{\text{ц}}$

$$D_{\text{ц}} = \frac{\ln(\lambda_p \times C_{\infty})}{\ln C_{\infty}}.$$

Далее рассчитали фрактальную размерность структуры нанокompозита  $d_f$ , используя зависимость

$$C_{\infty} = \frac{2d_f}{d(d-1)(d-d_f)} + \frac{4}{3}. \quad (5)$$

После преобразования (5) получили выражение

$$d_f = \left( C_{\infty} - \frac{4}{3} \right) \times (9 - 3d_f). \quad (6)$$

Фактор ориентации нанотрубок  $\eta$  определили из зависимости

$$\varphi_{\text{мф}} = 1,09 \eta$$

Размерность каркаса нанотрубок  $D_{\text{к}}$  определили, используя зависимость

$$\eta = 0,506(D_{\text{к}} - 2).$$

В таблице представлены результаты фрактального анализа структуры эластомерных нанокompозитов составов № 1...№ 3.

Таблица 1 - Структурные и молекулярные характеристики структуры эластомерного нанокompозита

№	$W / \varphi_{\text{н}}$	$\ell_{\text{ст}}, \text{нм}$	$\ell_{\text{мф}}, \text{нм}$	$\varphi_{\text{мф}}$	$\varphi_{\text{кл}}$	$C_{\infty}$	$D_{\text{ц}}$	$d_f$	$\eta$	$D_{\text{к}}$
1	0,05/0,015	1,68	4,58	0,023	0,201	2,99	1,9436	2,4976	0,021	2,04
2	0,1/0,03	5,83	6,9	0,08	0,204	2,06	1,1818	2,05	0,073	2,14
3	0,15/0,045	1,45	4,36	0,067	0,207	2,09	2,49	2,082	0,061	2,12

Чем больше фактор ориентации нанотрубок  $\eta$ , а также размерность каркаса  $D_{\text{к}}$ , тем больше ориентация нанотрубок и выше прочность и модуль упругости нанокompозита. Поэтому наиболее высокие механические свойства имеет нанокompозит с содержанием УНТ  $W = 0,1$  масс.ч.

Ниже приведены результаты экспериментальных исследований механических свойств эластомерных нанокompозитов [6], подтверждающих результаты фрактального анализа.

На рисунке 1 показана зависимость прочности пленок  $\sigma_p$  от концентрации УНТ  $K$  в эластомерном нанокompозите.

Образцы из эластомера Ф-40С обладают прочностью  $\sigma_p = 21,23$  МПа. Составов № 1 имеет прочностью  $\sigma_p = 25,02$  МПа. Составов № 2 имеет прочностью  $\sigma_p = 28,05$  МПа. Составов № 3 имеет прочностью  $\sigma_p = 21,52$  МПа.

На рисунке 2 показана зависимость деформации пленок  $\epsilon_p$  от концентрации УНТ  $K$  в эластомерном нанокompозите.

Образцы из полимерной матрицы показали деформацию  $\epsilon_p = 133$  %. Составов № 1 обладает деформацией  $\epsilon_p = 161$  %. Составов № 2 обладает деформацией  $\epsilon_p = 221$  %. Составов № 3 обладает деформацией  $\epsilon_p = 219$  %.

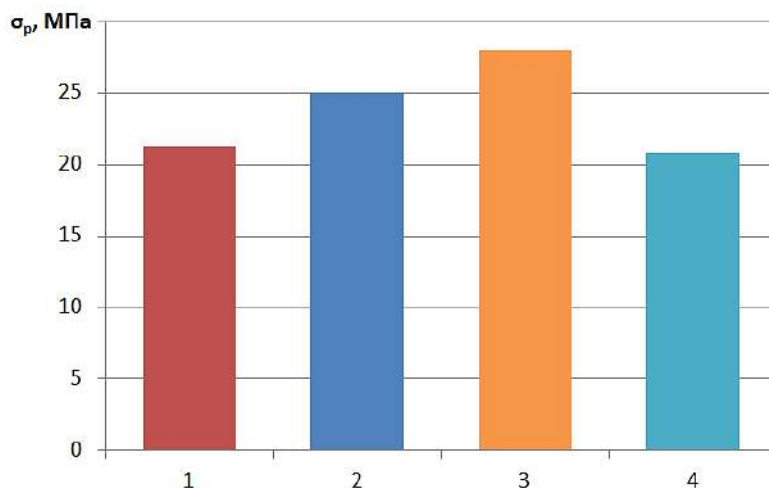


Рисунок 1 - Зависимость прочности пленок  $\sigma_p$  от концентрации УНТ К в эластомерном нанокompозите: 1 – ненаполненный эластомер Ф-40С; 2 – состав № 1; 3 – состав № 2; 4 – состав № 3 [6]

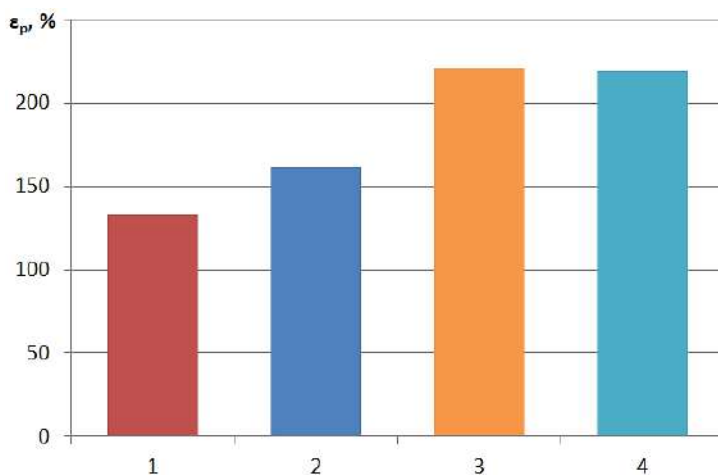


Рисунок 2 - Зависимость деформации пленок  $\epsilon_p$  от концентрации УНТ К в эластомерном нанокompозите: 1 – ненаполненный эластомер Ф-40С; 2 – состав № 1; 3 – состав № 2; 4 – состав № 3 [6]

**Заключение.** 1. Проведен фрактальный анализ структуры эластомерных нанокompозитов, который показал перспективность использования УНТ в качестве наполнителя эластомеров, обеспечивающего повышение механических свойств.

2. Наиболее высокие механические свойства достигаются при содержании УНТ  $\varphi_n = 0,03$ . В сравнении с матрицей, нанокompозит имеет более высокие эксплуатационные свойства: прочность увеличилась на 32 %, до 28,05 МПа, деформации – в 1,66 раза, до 221 %.

3. Методология фрактального анализа структуры рекомендуется при разработке новых полимерных нанокompозитов, наполняемых углеродными нанотрубками.

#### Литература

1. Бочаров А.В. Повышение эффективности восстановления неподвижных соединений подшипников качения сельскохозяйственной техники адгезивами, наполненными дисперсными металлическими порошками: дис. ... канд. техн. наук. – Мичуринск, 2009. – 150 с.

2. Гуняев Г.М. Структура и свойства полимерных волокнистых композитов. – М.: Химия, 1981. – 232 с.

3. ООО "НаноТехЦентр" // УНТ серии «Таунит». URL: <http://www.nanotc.ru/productions/87-cnm-taunit> (дата обращения: 09.07.2023).

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

5. Заиков Г.Е., Козлов Г.В., Микитаев А.К. Полимерные нанокompозиты: многообразие структурных форм и приложений: Ин-т биохим. физики им. Н. М. Эмануэля РАН. – М.: Наука, 2009. – 278 с.

6. Киба М.Р., Ли Р.И., Мельников А.Ю., Псарев Д.Н. Перспективный полимерный нанокompозит для восстановления изношенных корпусных деталей автомобилей // Наука в Центральной России. – 2021. – №3 (51). – С. 87-95.

УДК 621.899

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА УДАЛЕНИЯ ПРИМЕСЕЙ ИЗ МОТОРНЫХ МАСЕЛ ДЛЯ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ ОСНОВЫ РАБОЧЕ – КОНСЕРВАЦИОННЫХ ЖИДКОСТЕЙ**

**В.В. <sup>1</sup>Остриков**, д.т.н., профессор, **Д.Н. <sup>1</sup>Жерновников**, м.н.с., **Д.А.Ю <sup>2</sup>Аль-Саади**, д.т.н.,

**А.В. <sup>1</sup>Кошелев**, м.н.с.

<sup>1</sup>ФГБНУ ВНИИТиН

г. Тамбов, Российская Федерация

<sup>2</sup>Аль-Салам университетский колледж

г. Багдад, Ирак

**Введение.** Отработавшее определённый срок в двигателях комбайнов моторное масло обладает запасом эксплуатационных свойств и может рассматриваться в качестве основы для приготовления рабочей – консервационного масла при постановке техники на длительный срок хранения [1].

Физико – химический анализ вязкости, щелочного числа, температуры вспышки позволяет утверждать, что по данным характеристикам моторное масло превосходит базовое масло И-20А (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнительные характеристики отработанного моторного масла и товарного масла И-20А

Показатели	Отработавшие в ДВС моторные масла	Индустриальное базовое масло И-20А
Вязкость кинематическая при 100°С, мм <sup>2</sup> /с	13-16	10
Щелочное число, мг КОН/г	3,5-4,5	0,1
Температура вспышки, °С	> 200	> 200

Отработавшие в двигателях комбайнов масла (таблица 1) имеют превосходство по сравнению с базовым маслом И-20 по содержанию присадок (в том числе антиокислительных, противокоррозионных, противоизносных). Масла имеют более высокую вязкость, что создает условия для формирования на поверхностях металла более «прочную» плёнку, снижающую коррозионно – механическое изнашивание при прокручивании двигателей в период хранения. К недостаткам работавших в двигателях моторных масел, как указывалось ранее, следует отнести их загрязненность механическими примесями, смолами, асфальтенами.

**Методика проведения исследований.** На данном этапе исследований оценивалась возможность удаления из работавших в двигателях моторных масел загрязнений и продуктов окисления. Моделирование процесса удаления загрязнений проводилось в лабораторных условиях на маслах, слитых из двигателей комбайнов первого года эксплуатации и со сроком службы более 10 лет. В качестве основы рассматривалось моторное масло с различной степенью загрязненности. За основу разрабатываемого способа очистки отработавших минеральных масел рассматривались ранее разработанные ФГБНУ ВНИИТиН способы очистки [2].

**Результаты и их обсуждение.** Одним из принципиальных моментов разработки нового способа удаления загрязнений из работавших моторных масел являлось снижение затрат на технологию очистки с целью его адаптации к современным условиям АПК. А именно, исключение из технологии очистки использования специального очистительного оборудования (установок для очистки масел).

На рисунке 1 показана загрязненность исходных масел, определённая капельным методом. В качестве реагентов, обеспечивающих процесс коагуляции загрязнений, рассматривались карбамид, гидроксид аммония, моноэтаноламин и изопропанол в различной концентрации при различных температурах и времени отстаивания.



Проба масла из комбайна № 14



Проба масла из комбайна № 16





Проба масла из комбайна № 17858



Проба масла из комбайна № 17890

Рисунок 1 – Внешний вид проб масел на основе капельного анализа загрязненности

На рисунках 2 - 4 показаны некоторые результаты исследований по определению рационального состава реагентов и концентрации их внесения. Установлено, что внесение смеси карбамида с гидроксидом аммония позволяет снизить содержание загрязнений, смол с 0,65 до 0,15...0,25 %. Время отстаивания масла составляло 12 часов.

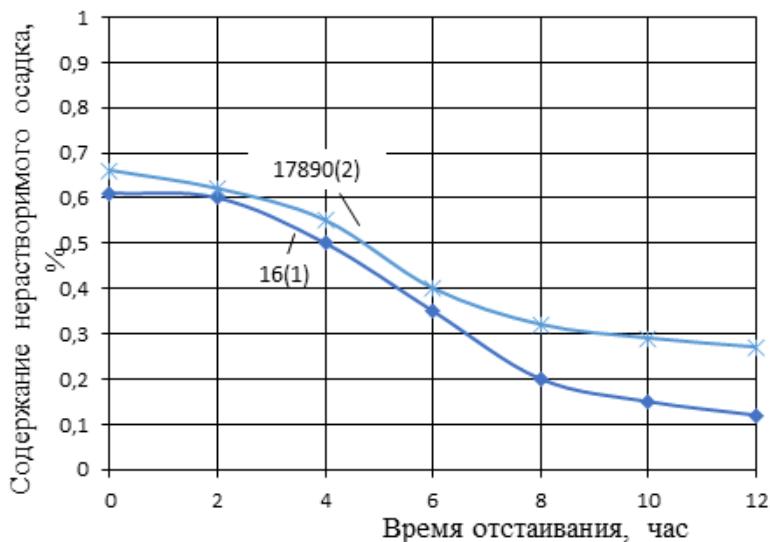


Рисунок 2– Изменение содержания нерастворимого осадка в масле от времени отстаивания (состав коагулянта: 2 % карбамида, 2 % гидроксида аммония, t масла 100°C): 1 – моторное масло М-10Г<sub>2</sub> (комбайн № 16); 2 – моторное масло М-10ДМ (комбайн № 17890)

При проведении исследований температура окружающей среды составляла 20...25 °С. Масло нагревалось до температуры 100 °С, далее нагрев отключался, и процессы коагуляции и отстаивания продолжались постепенно при постоянном понижении температуры до комнатной, то есть до 20...25 °С.

По второму известному способу работавшие масла нагревались до 80 °С, далее в них вносилось 2 % масс изопропанола, смесь перемешивалась и нагревалась до 120 °С. Далее, как и в первом случае масла отстаивали в течение 12 часов (рисунок 3).

При использовании данного состава коагулянтов после 12 часов отстаивания масла (при постепенном охлаждении до 20...25 °С) содержание нерастворимого осадка составляло в моторном масле М-10ДМ – 0,13 %, в масле М-10Г<sub>2</sub> – 0,05 %.

Данный факт можно объяснить большим остаточным содержанием диспергирующе – стабилизирующих присадок в моторном масле М-10ДМ по сравнению с маслом М-10Г<sub>2</sub>. На микрофотографиях капельных проб отмечено снижение загрязнений и наблюдаются остаточные элементы растворенных смол после 12 часов отстаивания (рисунок 4).

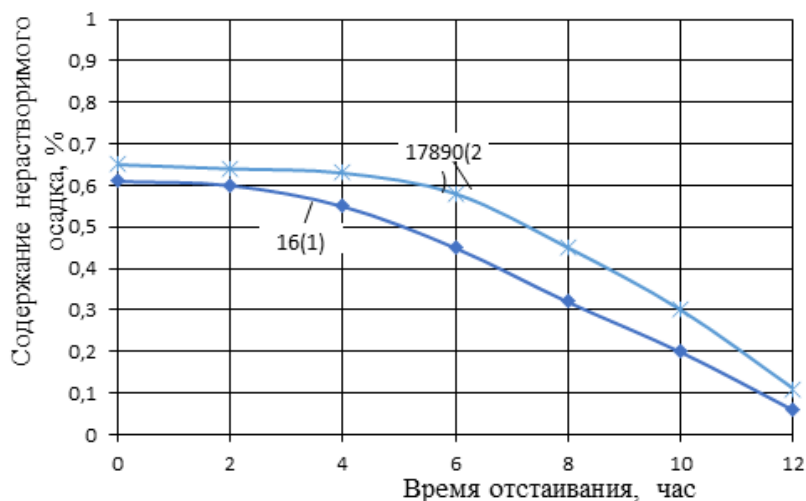


Рисунок 3 – Изменение содержания нерастворимого осадка в моторных маслах в зависимости от времени отстаивания (состав коагулянтов: 2 % масс моно-этаноламин, 2 % масс изо-пропанола): 1 – моторное масло М-10Г<sub>2</sub> (комбайн № 16); 2 – моторное масло М-10ДМ (комбайн № 17890)



Проба № 16 после отстаивания масла в течение 12 часов (масло М-10Г<sub>2</sub>)

Проба № 17890 после отстаивания масла в течение 12 часов (масло М-10ДМ)

Рисунок 4 – Изображение капельных проб масла после отстаивания

Анализируя результаты исследований установлено, что использование различных упрощенных процессов очистки не позволяет полностью удалить смолы из работавших масел. Данный факт объясняется тем, что без использования средств фильтрации масел после укрупнения загрязнений процесс удаления примесей значительно замедляется. Замедление объясняется ещё и тем, что в рассматриваемом подходе температура масла в процессе осаждения значительно ниже, что также замедляет процесс укрупнения частиц и их последующее выпадение в осадок.

На следующем этапе рассматривалась возможность изменения комбинации используемых реагентов и увеличение времени отстаивания. В качестве компонента предложено использовать гидроксид аммония, карбамид и моно-этаноламин. Отказ от использования изо-пропанола объясняется тем, что его добавка в работавшее моторное масло приводит к снижению температуры вспышки масла на 15...20 °С. Карбамид в составе реагентов позволяет не только активизировать процесс коагуляции, но и как установлено в ранее проводимых ФГБНУ ВНИИТиН исследованиях повышает противоизносные свойства очищенного масла.

Выдвигается предположение, что остаточные растворенные в масле элементы карбамида могут повышать адгезионные свойства масла, используемого в качестве базовой основы для приготовления рабоче – консервационного масла. Исследования проводились на тех же маслах, слитых из картеров двигателей комбайнов. Отработавшие масла нагревались до 80 °С и далее в них вносились 1 % моноэтанолamina, раствор 1 % карбамида в 2 % гидроксида аммония. Полученную смесь нагревают до 100 °С и отстаивают в течение 24 часов.

На рисунке 5 показаны зависимости изменения содержания нерастворимого осадка от времени осаждения загрязнений (в двух маслах М-10Г<sub>2</sub> и М-10ДМ), слитых из картера двигателя комбайна со значительным сроком службы и комбайна первого года эксплуатации.

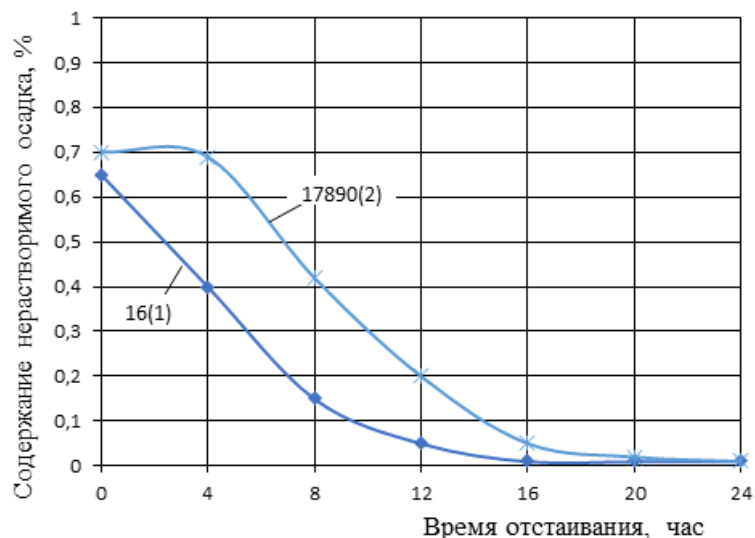


Рисунок 5 – Зависимость изменения содержания примесей в моторных маслах от времени отстаивания с учетом изменения состава реагентов

Работавшее моторное масло М-10Г<sub>2</sub> после 16 часов осаждения в поле гравитационных сил практически не содержало смол (содержание нерастворимого осадка). Масло М-10ДМ показало практическое отсутствие загрязняющих примесей после 20...22 часов отстаивания.

На рисунке 6 изображены капельные пробы очищенных масел.



Проба масла (комбайн № 16) после осаждения в течение 16 часов (М-10Г<sub>2</sub>)



Проба масла (комбайн № 17890) после осаждения в течение 22 часов (М-10ДМ)

Рисунок 6 – Изображение капельных проб масел М-10Г<sub>2</sub>, М-10ДМ после реализации предлагаемого способа очистки

По внешнему виду пятно имеет желтый цвет без каких-либо разводов и следов загрязнений. По результатам физико – химического анализа проб очищенных масел (5 комбайнов) установлено, что вязкость масла практически не изменилась, щелочное число снизилось на 0,3...0,5 мг КОН/г, температура вспышки увеличилась на 5...8 °С. Кислотное число масел снизилось на 35...40 %.

На данном этапе исследований можно утверждать, что очищенные масла обладают более высокими эксплуатационными свойствами по сравнению с исходным состоянием, масло является работоспособным для дальнейшего использования в ДВС на период не менее 50 мото-часов.

Сравнительный анализ характеристик очищенных масел с товарным индустриальным И-20А, используемого при приготовлении рабочей – консервационных масел, показал преимущество моторных очищаемых.

В результате исследований установлено, что моторные масла после наработки в двигателях зерноуборочных комбайнов 150...200 часов обладают достаточно высокими физико – химическими характеристиками за исключением присутствия в них механических примесей, смол, ограничивающих их дальнейшее применение в ДВС.

В результате экспериментальной проверки на предмет удаления загрязнений и примесей разработан новый способ очистки минеральных моторных масел [3]. На этапе получения из работавшего в двигателе моторного масла компонента рабочей – консервационного масла очень важно определить его противоизносные свойства для оценки в целом коррозионно – механического изнашивания деталей. Для этих целей проведены сравнительные исследования по определению противоизносных свойств на четырех-шариковой машине трения КТ-2 (по известной методике ФГБНУ ВНИИТиН).

В таблице 2 показаны результаты определения диаметра пятна износа. Следует отметить, что противоизносные свойства масел М-10Г<sub>2</sub> и М-10ДМ несмотря на их достаточно высокую загрязненность механическими примесями (в большей степени относится к маслам, работавшим в двигателях машин со значительным сроком службы) имеют неудовлетворительные противоизносные свойства – возможно за счёт большого количества доливов масла на угар. Удаление примесей предложенным способом позволяет улучшить противоизносные свойства до уровня товарных моторных масел (таблица 2).

Возвращаясь к обоснованию необходимости удаления загрязнений из отработавших уборочный сезон моторных масел и предлагаемому способу очистки следует констатировать факт уменьшения производительности очистки на 50...80 % по сравнению с использованием специальных установок.

Таблица 2 - Результаты определения противоизносных свойств масел.

Образец масла	Противоизносные свойства масла, Ди, мм
Товарное масло М-10Г <sub>2</sub> исходное	0,32
Моторное масло М-10Г <sub>2</sub> из двигателя комбайна № 14	0,41
- после завершения работ	0,28
Моторное масло М-10Г <sub>2</sub> из двигателя комбайна № 15	0,48
- после завершения работ	0,30
- после очистки по предлагаемому способу	
Моторное масло М-10Г <sub>2</sub> из двигателя комбайна № 16	0,39
- после завершения работ	0,26
- после очистки по предлагаемому способу	
Товарное масло М-10ДМ	0,27
Моторное масло М-10ДМ из двигателя комбайна № 17890	0,36
- после завершения полевых работ	0,25
- после очистки по предлагаемому способу	
Моторное масло М-10ДМ из двигателя комбайна № 17858	0,43
- после завершения полевых работ	0,27
- после очистки по предлагаемому способу	

**Заключение.** Однако в нашем случае производительность не является принципиальной характеристикой, так как после завершения полевых работ зерноуборочные комбайны отправляются на место межсезонной стоянки на период 10 и более месяцев и у инженерных служб хозяйства достаточно времени для проведения работ по очистке масла с целью его использования по прямому назначению или для получения рабочей – консервационного масла. По результатам исследований получен патент на изобретение № 2773468 «Способ очистки отработанных моторных минеральных масел».

#### Литература

- Северный, А.Э. Сохраняемость и защита от коррозии сельскохозяйственной техники / А.Э. Северный – М.: Изд-во ГОСНИТИ, 1993. – 233 с.
- Остриков В.В., Оробинский В.И., Афоничев Д.Н., Забродская А.В. Исследования по очистке работающего моторного масла и системы смазки от загрязнений// Химия и технология топлив и масел. 2021. № 6. С. 13-16.
- Патент № 2773468 С1. Способ очистки отработанных моторных минеральных масел / Остриков В.В., Вигдорович М.В., Вязинкин В.С., Забродская А.В., Нагдаев В.К., Кошелев А.В., Жерновников Д.Н. Заявка № 2021123711 от 06.08.2021, опубл. 06.06.2022.

УДК 621.899

#### ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК МОТОРНЫХ МАСЕЛ В ДВИГАТЕЛЯХ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

**В.В.<sup>1</sup> Остриков**, д.т.н., профессор, **Д.Н.<sup>1</sup> Жерновников**, м.н.с., **Д.А.Ю<sup>2</sup> Аль-Саади**, д.т.н.,  
**В.С.<sup>1</sup> Вязинкин**, н.с., **А.В.<sup>1</sup> Забродская**, н.с., **В.К.<sup>1</sup> Нагдаев**, к.х.н.

<sup>1</sup> ФГБНУ ВНИИТиН

г. Тамбов, Российская Федерация

<sup>2</sup> Аль-Салам университетский колледж

г. Багдад, Ирак

**Введение.** Период использования зерноуборочных комбайнов является непродолжительным и составляет 1,5 – 3 месяца в году.

Наработка ДВС чаще всего не превышает 200 часов. При этом двигатели работают в жёстких условиях высоких температур, значительных нагрузок, высокой запыленности воздуха. Как установлено, в двигателях

отечественных комбайнов и комбайнов республики Беларусь используются моторные масла М-10Г<sub>2</sub> и М-10ДМ. До настоящего времени в литературных источниках представлено недостаточное количество информации об изменении свойств масел в период уборочной кампании [1, 2].

Установленное время замены моторных масел регламентируется заводом – изготовителем двигателей комбайнов и составляет 250 моточасов.

Фактически за период уборочной кампании в зависимости от условий работы наработка редко превышает 200 часов. В связи с высокими нагрузками, недостаточной оснащенностью материально – технической базы, высокой степенью износа основной массы комбайнов угар и долив в двигателях комбайнов серии «Дон» и «Полесье» может различаться. Масло «стареет» более интенсивно к концу эксплуатации. И к моменту замены либо уже исчерпало свои эксплуатационные свойства, либо не достигло своих браковочных значений.

**Результаты и их обсуждение.** Как установлено на этапе анализа состояния вопроса, перед постановкой на хранение моторное масло из двигателей не сливается и не проводятся операции консервации. В некоторых случаях, исходя из недостаточной наработки, отработав уборочный сезон и период простоя (более 10 месяцев), комбайн может какое – то время продолжать эксплуатироваться без замены масла в следующем уборочном сезоне. Данный подход основывается не на данных физико – химического анализа свойств масла, а на заключениях специалистов инженерных служб хозяйств, что ставит под угрозу увеличение износа деталей двигателя, снижает срок их службы и т.д.

Исследования проводились на комбайнах «Полесье» в период 2021-2022 гг в АО ПЗ «Пригородный» Тамбовской области. Под наблюдение были взяты как комбайны со сроком службы 10 – 15 лет, так и новые комбайны. Во всех двигателях комбайнов использовалось моторное масло М-10Г<sub>2</sub> и М-10ДМ российского производства. Вязкость кинематическая за период наработки 150-200 часов изменилась незначительно (рисунок 1).

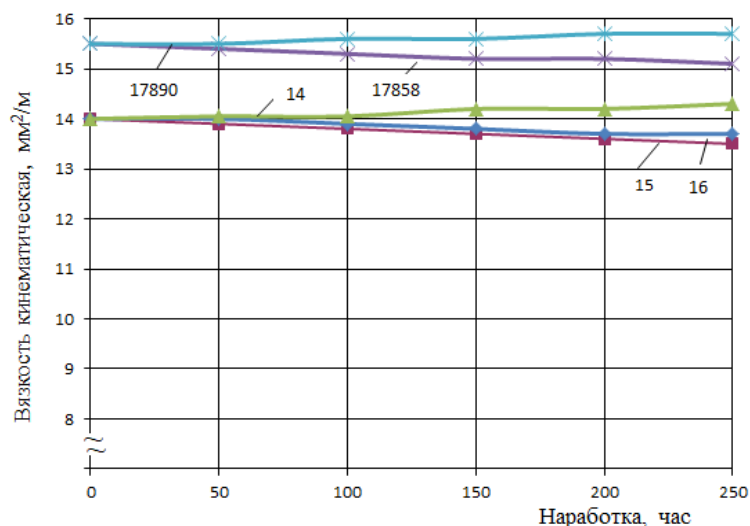


Рисунок 1 – Зависимость изменения вязкости моторных масел от наработки: 14 – комбайн «Полесье» (масло М-10Г<sub>2</sub>); 15 – комбайн «Полесье» (масло М-10Г<sub>2</sub>); 16 – комбайн «Полесье» (масло М-10Г<sub>2</sub>); 17890 – комбайн «Полесье» (масло М-10ДМ) выпуск 2021 г; 17858 – комбайн «Полесье» (масло М-10ДМ) выпуск 2021 г.

Наработка у всех комбайнов к завершению уборки зерновых культур (пшеница, ячмень) составляла от 170 до 200 часов. Вязкость масла в новых комбайнах несколько выше, чем у комбайнов с большим сроком службы, так как вязкость исходного масла М-10ДМ изначально была выше.

Незначительное снижение вязкости у комбайна № 15 объясняется изношенностью топливной аппаратуры и других деталей ДВС с комбайна.

Щелочное число моторных масел М-10Г<sub>2</sub> и М-10ДМ изменилось в зависимости от наработки в закономерном режиме. С увеличением наработки щелочное число (показатель содержания присадок) снижалось (рисунок 2).

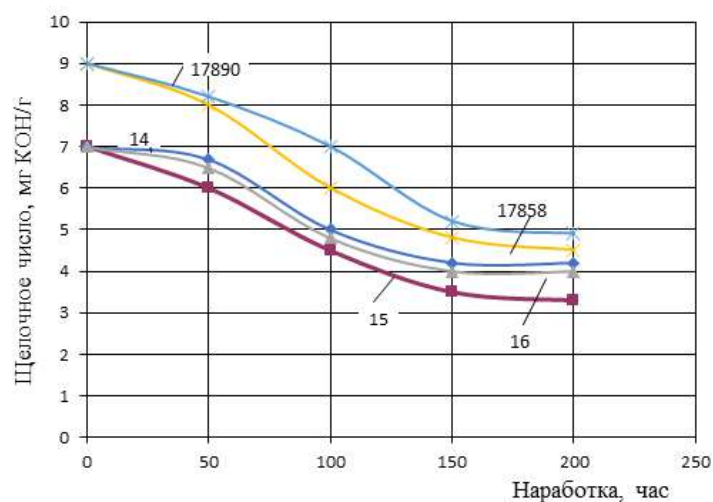


Рисунок 2 – Зависимость изменения содержания щелочного числа от наработки двигателей комбайнов на моторных маслах М-10Г<sub>2</sub> и М-10ДМ

Щелочное число масла М-10ДМ в двигателе комбайна № 17890 изменилось с 9 мг КОН/г до 4,8 мг КОН/г к 200 часам наработки. В то время как в двигателе комбайна с меньшей наработкой № 17858 моторное масло имело значение щелочного числа близкое к 4 мг КОН/г. Данный факт объясняется более частым и в большем количестве доливом масла на угар.

Щелочное число масла в двигателе комбайнов со сроком эксплуатации более 10 лет находилось к 150 часам наработки в диапазоне 3,5 - 4 мг КОН/г, что объясняется более низким значением данного показателя у исходного масла М-10Г<sub>2</sub>.

Оценивая значения щелочного числа масла в первом приближении установлено, что после завершения уборочных работ перед постановкой на хранение практически все масла имели запас противоизносных, антиокислительных, антикоррозионных свойств. Содержание механических примесей в моторном масле чаще всего свидетельствует об износе, происходящем в двигателе внутреннего сгорания. К механическим примесям относят и частицы кварца, попадающие в масло с воздухом с учетом повышенной запыленности, имеющей место при уборочных работах.

Разделить продукты износа и частицы пыли в моторном масле в условиях эксплуатации не представляется возможным. Данный анализ можно осуществлять только в лабораторных условиях, определяя элементный состав масла. В результате физико – химического анализа установлен достаточно широкий диапазон содержания механических примесей в моторных маслах (рисунок 3)

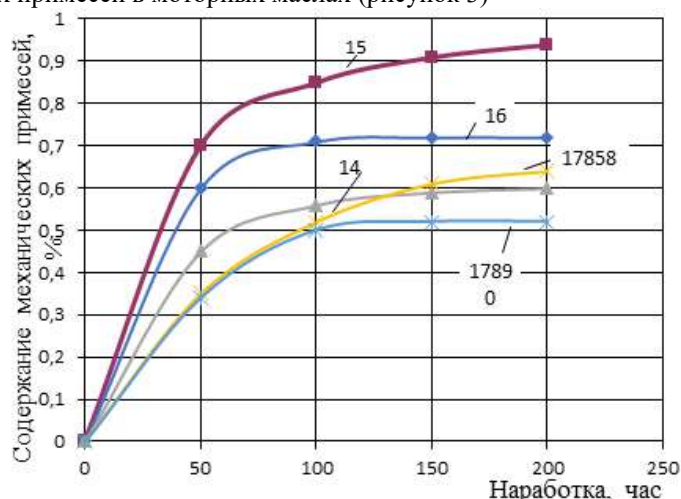


Рисунок 3 - Изменение содержания механических примесей

Моторное масло из двигателя комбайна № 15 имело браковочное значение по содержанию механических примесей уже к 150 часам наработки.

В комбайне первого года эксплуатации № 17858 после 150 часов наработки содержание механических примесей составляло 0,6 5, в то время как в масле, работающем в комбайне № 17890, этот показатель был ниже.

Основная масса механических примесей накапливалась в маслах комбайнов № 14, №15, №16 в первые 50-100 часов наработки.

Перед заправкой свежего масла двигателя комбайнов № 14, №15, №16 не промывались. В двигатели новых комбайнов масло заправлялось обслуживающей организацией после того как двигатели проработали обкаточный период в течение 50 часов. Анализ содержания механических примесей в масле после обкатки показал высокое содержание механических примесей. За 50 часов наработки содержание механических примесей составляло 0,25 и 0,43 %.

В результате исследований изменения свойств моторных масел рассматривалось изменение цвета масла М-10Г<sub>2</sub> и М-10ДМ (рисунок 4). Цвет масла М-10Г<sub>2</sub> рассматривался по пробе из двигателя комбайна со значительным (более 10 лет) сроком эксплуатации № 14. Цвет масла М-10ДМ анализировался по пробам, отбираемым из двигателя комбайна 2021 года № 17858.

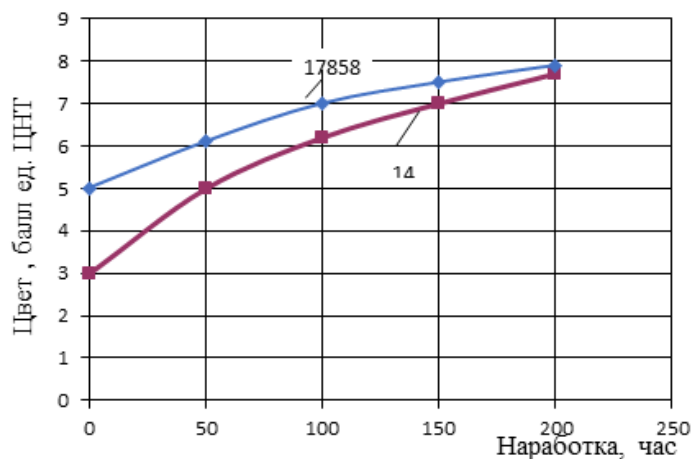


Рисунок 4– Зависимость изменения цвета моторных масел М-10Г<sub>2</sub> и М-10ДМ от наработки.

Установлено, что активное изменение цвета масла наблюдалось уже после первых часов работы (50 часов). Визуально масла имели чёрный цвет и в одном и в другом случае несмотря на то, что комбайн № 14 был заправлен маслом М-10Г<sub>2</sub>, показатель исходного значения составлял 3 балла в ед. ЦНТ, масло М-10ДМ (комбайн № 17858, 2021 г. выпуска) имело цвет 5 баллов. К 150 часам наработки цвет масла М-10Г<sub>2</sub> и М-10ДМ практически сравнялся.

Содержание нерастворимого осадка в масле свидетельствует о содержании смол, асфальтенов в моторном масле. Данный показатель относительно коррелируется с кислотным числом масла и цветом, характеризует процессы горения, температуры, свойств топлива и эффективность работы ДВС, содержание моюще – диспергирующих и антиокислительных присадок в моторном масле.

На рисунке 5 представлена динамика изменения содержания нерастворимого осадка в масле М-10Г<sub>2</sub> и М-10ДМ, работающих в двигателях зерноуборочных комбайнов «Полесье».

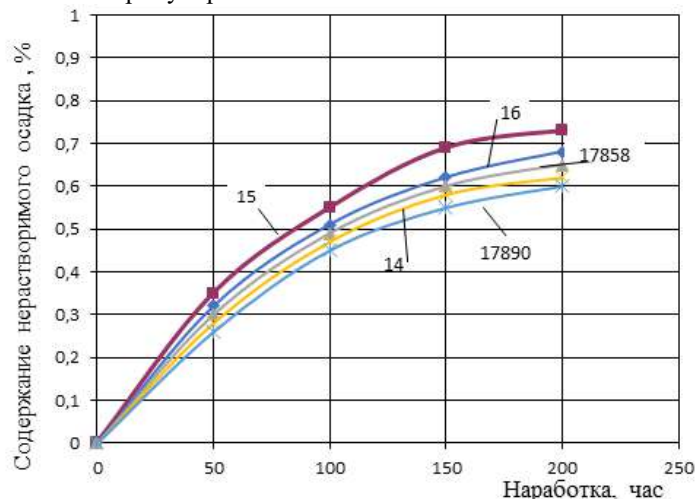


Рисунок 5 - Динамика изменения содержания нерастворимого осадка в моторных маслах М-10Г<sub>2</sub>, М-10ДМ в зависимости от наработки

Максимальное накопление смол, асфальтенов наблюдается в период 100 часов наработки с 0 до 0,45 %, далее рост продолжается не столь интенсивно.

В масле М-10ДМ содержание нерастворимого осадка меньше на 5...10 % по сравнению с маслом М-10Г<sub>2</sub>. Данный факт возможно также объяснить большей степенью износа комбайнов №14, № 15, № 16.

Температура вспышки в работавших в двигателях моторных маслах в некоторых комбайнах (в частности №15, № 16) снизилась на 10 – 15 °С, с 220 °С до 205 °С и 210 °С, что свидетельствует о попадании топлива или

других известных причин (нарушение в работе топливной аппаратуры и т.д.). В двигателях комбайнов 2021 выпуска № 17890 и комбайне № 14 температура вспышки осталась на уровне товарного масла 220 °С и 230 °С.

Анализируя в целом изменение свойств моторных масел в двигателях зерноуборочных комбайнов установлено, что к моменту завершения работ, перед постановкой техники на хранение моторные масла обладали остаточным запасом эксплуатационных свойств.

Вязкость масла находилась в допустимых для рассмотренного работавшего масла в качестве защитной среды для формирования защитной пленки.

Сравнивая вязкость работавших масел 15 – 16 мм<sup>2</sup>/с и рабоче – консервационного масла К-17, вязкость которого также составляет 16 мм<sup>2</sup>/с можно говорить об их аналогичности по данному показателю.

Щелочное число, как неоднократно отмечалось, является косвенным показателем содержания (присутствия) в масле антиокислительных, противокоррозионных и противоизносных присадок.

По результатам проведенных исследований щелочное число масла к моменту окончания работы комбайна находилось в диапазоне 3,5 – 4,5 КОН/г. Преимущественными значениями обладало отработанное 200 часов моторное масло М-10ДМ. Относительно высокое содержание моюще – диспергирующих присадок может свидетельствовать о способности масла, содержащего смолы, мельчайшие механические примеси, удерживать в период хранения техники, во взвешенном состоянии частицы загрязнений, тем самым предотвратить их выпадение в осадок на дно масляного картера, увлекая за собой и часть присадок.

Содержание механических примесей в работавших маслах находилось в диапазоне от 0,55 % до 0,9 %, что ограничивает дальнейшее использование масла и, в качестве моторного масла и в качестве консервационной жидкости.

Механические примеси при прокручивании коленчатого вала в период хранения комбайнов или запуске двигателя при смене масла (после завершения процесса хранения перед началом эксплуатации в следующем сезоне) может отрицательно влиять на появление следов износа на стенках гильз цилиндров.

Ко всему прочему в период хранения (9-10 месяцев) механические примеси и частично смолы выпадают в осадок, формируя достаточно плотную субстанцию, трудно поднимаемую со дна картера моторным маслом. При замене отработанного масла на свежее часть «плотного» осадка по мере работы двигателя будет переходить в свежее масло, снижая его эксплуатационные свойства и срок службы до замены. Для исключения дополнительного загрязнения свежего масла необходима операция глубокой очистки масла перед постановкой комбайна на хранение.

**Заключение.** Удовлетворительные свойства отработавших уборочный сезон в двигателях моторных масел ещё не являются подтверждением их высоких защитных антикоррозионных свойств. Важным и необходимым условием сохранения защитных свойств масла на период хранения является соблюдение элементарных правил консервации – герметизация двигателя, минимизация процесса взаимодействия масла (как в тонкой пленке на зеркале гильз цилиндров, так и в картере) с кислородом воздуха [5].

#### Литература

1. Венцель С.М. Применение смазочных масел в двигателях внутреннего сгорания. М.: Химия. 1979. 238 с.
2. Крагельский Н.В. Трение, изнашивание и смазка М.: Машиностроение. 1978. 400 с.
3. Казакова Л. П., Крейн С. Э. Физико-химические основы производства нефтяных масел. М.: Химия. 1978. 320 с.
4. Суховерхов В.Д., Василькевич И.М. Современные аспекты производства и применения масел и присадок к ним // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2008. – № 6. – С. 31 – 34.
5. Остриков В.В., Вязинкин В.С., Кошелев А.В., Забродская А.В. Изменение характеристик моторных масел в двигателях зерноуборочных комбайнов трения //Наука в центральной России. 2021. № 3 (57). С. 70-75.

УДК 621.899

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗАЩИТНОЙ МАСЛЯНОЙ ПЛЕНКИ

**В.К. Нагдаев, к.х.н., Д.Н. Жерновников, м.н.с., А.В. Кошелев, м.н.с., А.В. Забродская, н.с.**

ФГБНУ ВНИИТиН

г. Тамбов, Российская Федерация

**Введение.** Моторные масла М–10Г<sub>2</sub> и М–10ДМ после завершения уборочных работ в картерах двигателей зерноуборочных комбайнов обладают достаточно высоким запасом эксплуатационных свойств.

В моторных маслах М–10Г<sub>2</sub>, М–10ДМ за период наработки двигателя 150–200 часов сохраняются антиокислительные, противоизносные присадки, что позволяет по свойствам масла характеризовать его работоспособным определенным период.

Однако, как установлено, моторные масла в процессе эксплуатации накапливают механические примеси, смолы, которые с одной стороны повышают защитные свойства, формируя на стенках гильз цилиндров более устойчивую пленку (по результатам исследований проф. Вигдоровича В.И.) [1], с другой стороны, исходя из



известных положений теории смачивания, на зеркальной поверхности присутствующие смолы и механические примеси могут способствовать «неоднородности» формирования пленки.

Остаётся дискуссионный вопрос оценки шероховатости поверхности, при рассмотрении процесса формирования пленки. С одной стороны, микро-шероховатость способствуют «лучшей» адгезии масляных составляющих за счет «сдерживания» процесса стекания масла с «вертикальных» поверхностей, с другой это приводит к неоднородности толщины пленки.

Для наших условий рассмотрения смазывающих, защитных свойств следует принимать во внимание тот факт, что пленка формируется под действием движения поршня в ЦПГ, который после прекращения работы находится в различных положениях и поверхности гильз могут неоднородно покрыты маслом (различной степени износа и т.д.).

Не вдаваясь глубоко в физико-химические процессы, упрощенно рассмотрим возможность формирования защитной пленки под действием смазочного материала.

Несмотря на заявление разработчиков моторных масел о высоких антикоррозионных свойствах масел М-10Г<sub>2</sub> и М-10ДМ по тем или иным причинам на стенках гильз цилиндров в период длительного простоя техники могут образовываться следы коррозии с последующим переходом в «раковины». Толщина масляной пленки на стенках гильз цилиндров на основании работ акад. Северного А.Э. может находиться в диапазоне 50,80 мкм [2]. По мере простоя техники (за период 10 месяцев) толщина масляной пленки может уменьшиться и за счёт стекания, и за счёт испарения легких фракций из тонкого слоя на поверхности металла, но составлять (по мнению А.С. Ахматова) не менее 3 мкм [3]. Определять толщину масляной пленки во всех случаях не представляется возможным.

**Методика проведения исследований.** При проведении исследования использовался упрощенный метод оценки толщины масляной пленки – гравиметрический. Исследования проводились в сравнительном режиме на загрязненном моторном масле М-10ДМ, на том же масле после его очистки от загрязнений с добавкой полимеризованного рапсового масла и пушечной смазки и на товарном рабоче-консервационном масле К-17. На первом этапе стальная пластина опускалась в пробу нагретого до 100° С масла, после обтекания в течение 2 часов пластина взвешивалась, и проводился расчет толщины масляной пленки (рисунок 1).

**Результаты и их обсуждение.** Определено, что максимальной толщиной обладает масляная пленка рабоче-консервационного масла К-17. Несколько ниже значение толщины пленки отмечено у разрабатываемого состава масла. И самое низкое у загрязненного моторного масла М-10ДМ. Далее определялась толщина масляной пленки у масел с исходной температурой 20°С при опускании пластины (рисунок 1).

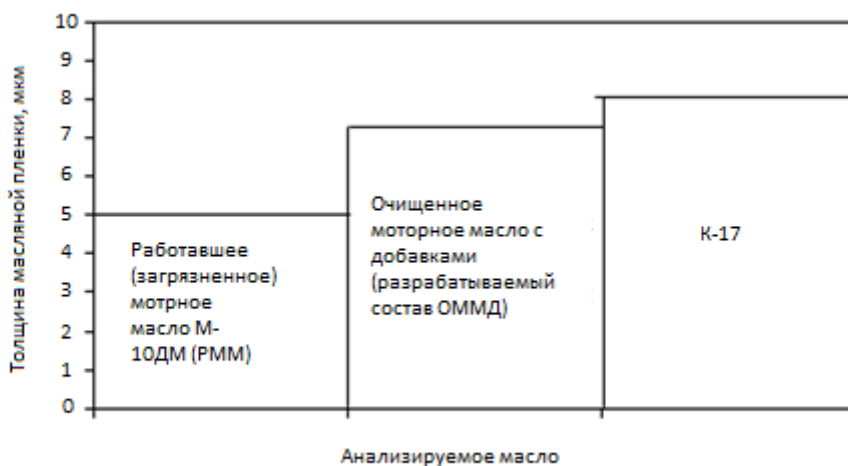


Рисунок 1 – Толщина масляной плёнки на стальной пластине после обтекания в течение 24 часов (температура масла 100 ° С при опускании пластин)

Установлено, наибольшей толщиной пленки на стальной поверхности обладает разрабатываемый состав, состоящий из очищенного по новому способу масла М-10ДМ с добавками полимеризованного рапсового масла и пушечной смазки ПВК. Данный эффект возможно объяснить тем, что добавка пушечной смазки способствовала росту вязкости масла при более низкой температуре. Шероховатость поверхности у всех пластин являлась практически одинаковой.

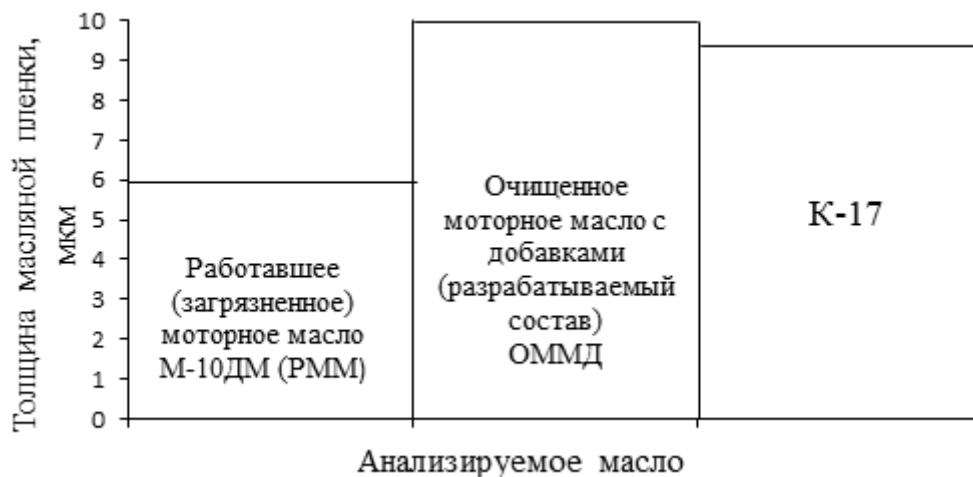


Рисунок 2 – Толщина масляной плёнки на стальной пластине после обтекания в течение 24 часов (температура масла 20 ° С)

Время обтекания масла при температуре +20 °С составляло 24 часа. Далее опыт повторялся, при этом время обтекания составило 72 часа. На рисунке 3 представлены значения толщины масляных пленок у образцов масел после 72 часов нахождения в вертикальном положении. Температура окружающей среды и масла составляли 20±2°С.

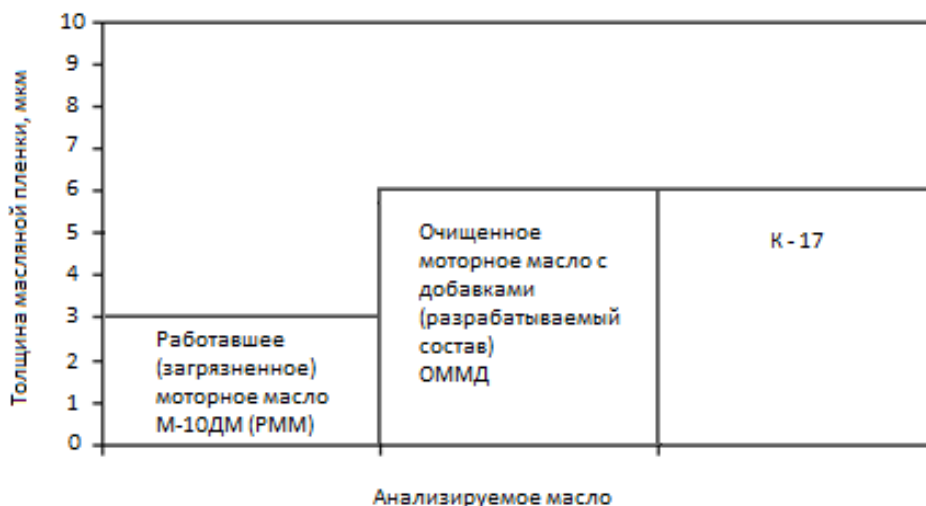


Рисунок 3 - Толщина масляной плёнки на пластине после 72 часов нахождения в вертикальном положении (t= 20 ° С)

После 72 часов процесса стекания масла, толщина пленки на стальных пластинах у экспериментального масла и товарного рабоче-консервационного масла К-17 находилась на одинаковом уровне.

Для определения защитной эффективности от коррозионно-механического износа в первом приближении рассматривались и условно моделировались процессы снятия масла с поверхности пластины после ее опускания в образец масла при температуре масла и окружающей среды 20±2°С. Пластина вывешивалась в эксикаторе на 72 часа с последующим определением толщины масляной пленки.

На рисунке 4 показаны результаты определения толщины масляной пленки на пластинах после определения значений взвешиванием и расчетом.

С учетом того, что время нахождения техники в условиях вынужденного простоя многократно выше рассмотренного параметра, то не исключается факт последующего снижения величины пленки. Также может играть определённую роль температура окружающей среды, которая колеблется от t+20 до -20 °С и ниже в период вынужденного простоя техники, начиная с октября по июнь месяц.

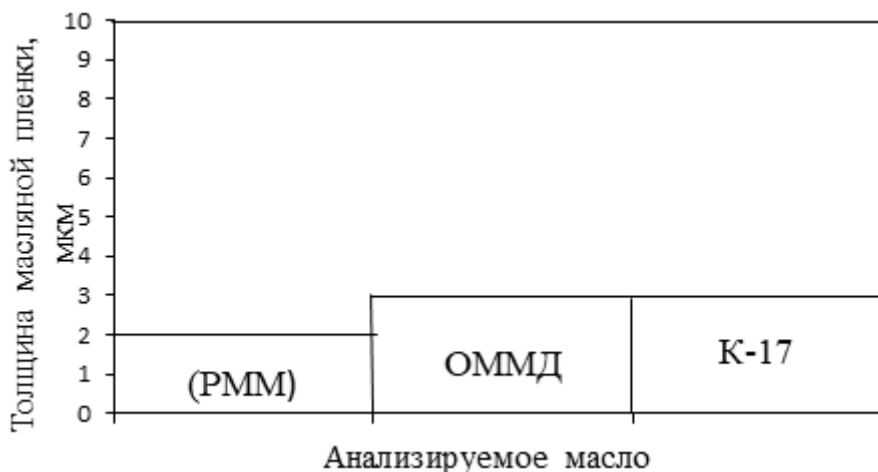


Рисунок 4 – Результаты определения толщины масляных пленок на стальных поверхностях с учетом сдвига масла (после 72 часов нахождения пластин в вертикальном положении,  $t = 20^{\circ} \text{C}$ )

Толщина масляной пленки на пластине, покрытой разработанным моторным маслом (загрязненным), составила 2 мкм после сдвига масла и выдерживания пластин в вертикальном положении 72 часа.

**Заключение.** В отработавшем масле, содержащем примеси, толщина пленки практически равнозначна, как и у экспериментального масла и товарного масла К-17, что противоречит некоторым законам смачивания, но коррелируется с мнением ученых о высокой защитной эффективности отработанных масел. При выдерживании в течение длительного времени (10 и более месяцев) возможно изменение толщины пленок в 2 и более раза.

Для наших исследований важно, что состав экспериментального масла имеет практически аналогичные эксплуатационные свойства, как у товарного масла, предназначенного для защиты от коррозионно-механического износа деталей двигателя. При том что разрабатываемый состав получен из малозатратных компонентов, а его получение легко реализуемо в условиях предприятий АПК.

#### Литература

1. Вигдорович В.И., Насыпайко И.Г., Прохоренков В.Д. Анतिकоррозионные консервационные материалы. М.: Агропромиздат, 1987. – 128 с.
2. Северный, А.Э. Сохраняемость и защита от коррозии сельскохозяйственной техники / А.Э. Северный – М.: Изд-во ГОСНИТИ, 1993. – 233 с.
3. Ахматов, А.С. Молекулярная физика граничного трения – М.: ГИФМЛ, 1963.-472с.

УДК 621.899

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ РАЦИОНАЛЬНОГО СОСТАВА МАСЛА ДЛЯ КОНСЕРВАЦИИ ДВС

Д.Н. Жерновников, м.н.с., А.В. Кошелев, м.н.с., А.В. Забродская, н.с.,

В.К. Нагдаев, к.х.н., В.С. Вязинкин, н.с.

ФГБНУ ВНИИТиН

г. Тамбов, Российская Федерация

**Введение.** Как установлено на сегодняшний день разработано достаточно большое количество масел и смазок, используемых для консервации деталей ДВС.

Рассмотрено и изучено огромное количество ингибиторов коррозии [1, 2].

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.

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.

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

То есть образовавшиеся начальные мельчайшие следы коррозии на поверхностях гильз цилиндров являются в дальнейшем причиной образования раковин, интенсификации износа с последующим дорогостоящим ремонтом двигателя. 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, также в других случаях можно раковины 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 загрязненности 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 проведения исследований.** В 2022 году 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.

**Результаты и их обсуждение.** 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 (рисунок 2). Установлено, что вязкость изменялась в зависимости от выдержки при температуре 110...120°С. 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.

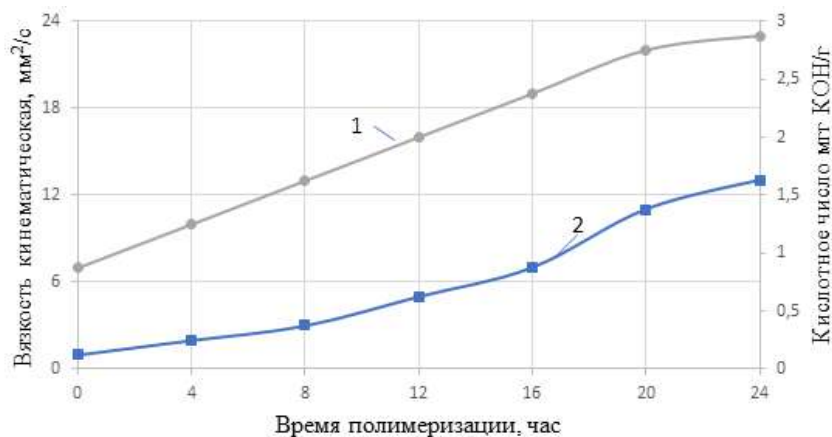


Рисунок 2 – Зависимость изменения вязкости (1) и кислотного числа (2) рапсового масла от времени нагрева (полимеризации)

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°C 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.

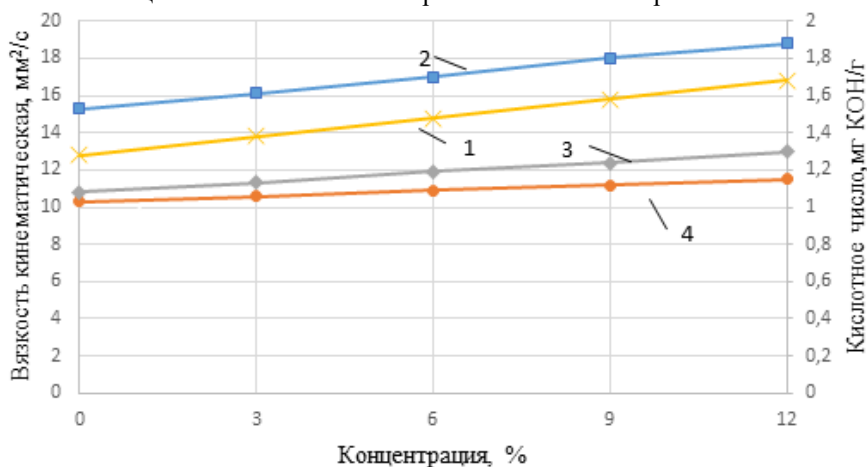


Рисунок 3 – Зависимость изменения вязкости и кислотного числа масла М–10Г<sub>2</sub> и М–10ДМ от концентрации добавки полимеризованного рапсового масла: 1–масло М–10Г<sub>2</sub> (вязкость); 2–масло М–10ДМ (вязкость); 3–масло М–10ДМ (кислотное число); 4–масло М–10Г<sub>2</sub> (кислотное число)

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, загущенное 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.

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. [3].

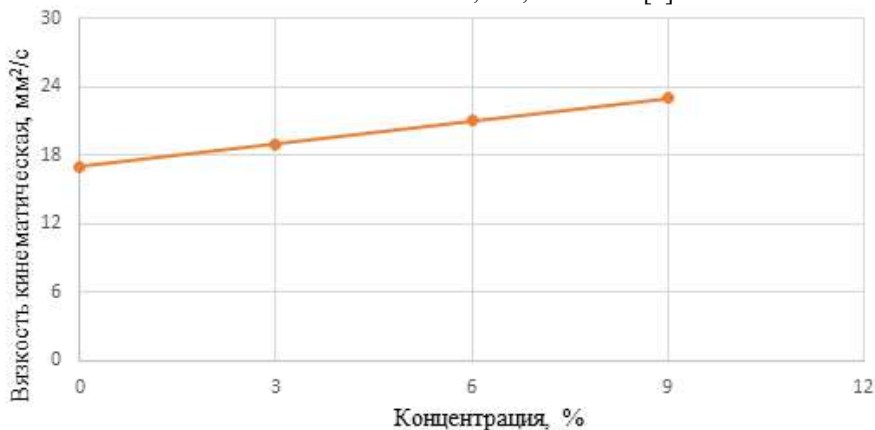


Рисунок 4 – Зависимость изменения вязкости масла М–10ДМ с добавкой полимеризованного рапсового масла (6%) от концентрации внесения раствора пушечной смазки в масле

Вязкость состава масла на основе очищенного масла М–10ДМ более 20 мм/с<sup>2</sup>, 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 замерялась с помощью шупа 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).

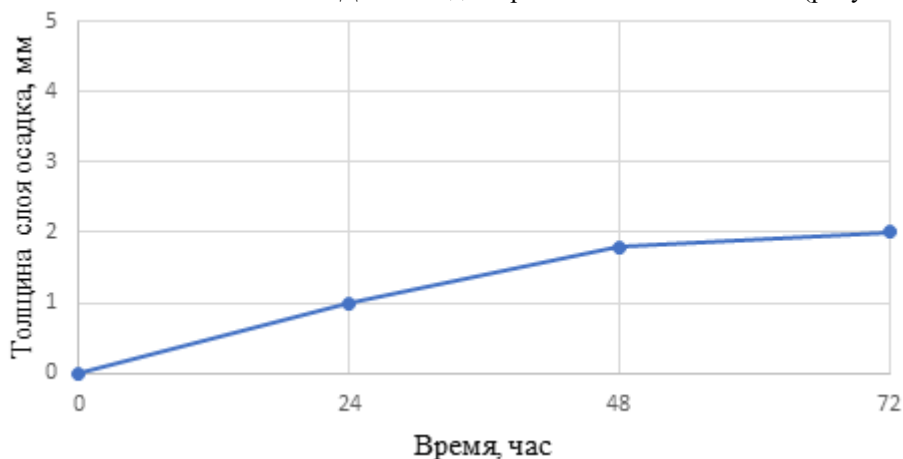


Рисунок 5 – Толщина слоя осадка составов рабоче-консервационных масел от времени отстаивания

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

#### Литература

1. Шехтер Д.Н., Школьников В.М., Богданова Т.И., Милованов В.Д. Рабоче-консервационные смазочные материалы. М.: Химия, 1979. - 256 с.
2. Балабанов В. И., Болгов В. Ю. Автомобильные присадки и добавки. М.: Эксмо 2011. 239 с.
3. Патент № 2779026 С1. Защитная смазочная композиция / Остриков В.В., Жерновников Д.Н., Вязинкин В.С., Забродская А.В., Нагдаев В.К., Кошелев А.В., Вигдорович М., Гаврилин А.В. Заявка № 2021130064 от 14.10.2021.; опубл. 30.08.2022.

УДК 621. 313.12: 621.635

## ОЦЕНКА АВТОТРАКТОРНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В МОБИЛЬНЫХ СРЕДСТВАХ ТЕХСЕРВИСА

А.И. Петрашев, д.т.н.

ФГБНУ ВНИИТиН

г. Тамбов, Российская Федерация

**Введение.** При постановке сельскохозяйственных машин и орудий на хранение их рабочие узлы покрывают загущенными консервационными смазками для защиты от коррозии [1]. Пневматическое нанесение загущенной смазки производится с использованием компрессорной установки, работающей от ВОМ трактора, и консервационного оборудования, обеспечивающего нагрев и распыление смазки. Для работы в условиях пониженной температуры воздуха консервационное оборудование снабжают напорным баком с ТЭН для разогрева смазки до рабочей температуры, обогреваемым шлангом подачи нагретой смазки на распыление, и подключают к источнику электроэнергии [2]. При этом обогреваемый шланг оснащают электрической спиралью [3], которая подогревает смазку и компенсирует теплопотери в процессе движения нагретой смазки из напорного бака в краскораспылитель. На площадках хранения в качестве доступного источника электроэнергии для обогрева напорного бака и шланга целесообразно использовать автотракторный генератор 28 В, 1000 Вт.

Практика показывает, что навесные консервационные агрегаты с приводом компрессора и генератора от ВОМ трактора являются наиболее мобильными техническими средствами для выполнения работ по подготовке техники к хранению в условиях распутицы осеннего сезона [4]. Компрессор для навесного агрегата выбирают с левым вращением вала, соответствующим вращению ВОМ трактора [5]. Так как все автотракторные генераторы исполнены с валом правого вращения, то на агрегатах УЛН-03 и МЭП-02 генератор установлен оппозитно компрессору (рисунок 1).



МЭП-02



УЛН-03

Рисунок 1 – Навесные агрегаты для консервации сельскохозяйственной техники

Привод оборудования этих агрегатов осуществляется от ВОМ 540 об/мин через кардан на повышающий конический редуктор (мультипликатор), а с его шкива ременными передачами на компрессор У43104 и генератор Г1000В [6]. Данная схема привода достаточно громоздка, металлоемка и сопряжена с необходимостью применения усиленной массивной рамы с навеской. Суммарно масса укомплектованного агрегата (без консервационной смазки) превышает 300 кг.

Отмеченные недочеты предполагается устранить в конструкции безрамного навесного агрегата, [7, 8] разрабатываемого путем модернизации передвижной компрессорной установки Ремеза левого вращения. Выбрана компрессорная установка с 50-ти литровым ресивером, на верхней платформе которого размещены электродвигатель мощностью 3 кВт и 3-х цилиндровый компрессор производительностью 530 л/мин при 1200 об/мин. При модернизации установки на верхней платформе ресивера разместится легкоъемный каркас с трехточечной навеской. На каркасе идентично компрессору закрепят генератор Г1000В, а также обогреваемый бак и шланги с пистолетом-распылителем. На валу электродвигателя взамен малого одноканавочного шкива установят большой двухканавочный шкив диаметром 300 мм, выполненный с хвостовиком для присоединения к карданному валу. Посредством двух клиновых ремней профиля А от двухканавочного шкива будут приводиться в действие валы компрессора и генератора.

Для работы агрегата его трехточечную навеску присоединяют к задней навеске колесного трактора (например, МТЗ-80), хвостовик двухканавочного шкива посредством телескопического карданного вала – к ВОМ трактора, поводок переключения привода ВОМ устанавливают в положение II - 1000 об/мин [9]. Так как направление вращения ВОМ левое (со стороны тракторного двигателя), то ротор генератора и колесо его

вентилятора тоже будут вращаться влево. Конструкционно генератор Г1000В является бесщеточным, поэтому в инструкции по его эксплуатации [10] отсутствует запрет на работу при левом вращении ротора.

**Основная часть.** Следует ожидать, что при левом вращении колеса вентилятора понизится эффективность охлаждения корпуса генератора, что приведет к повышению его температуры. Перегрев генератора может отрицательно повлиять на его токоскоростную характеристику. Обмотки генератора выполнены из медного провода, удельное электрическое сопротивление которого  $\rho_0 = 0,0175 \text{ Ом}\cdot\text{м}/\text{мм}^2$  при  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  [11]. Полное сопротивление обмоток генератора  $r_0$  зависит от длины и площади сечения провода:

$$r_0 = \rho_0 \frac{L_{\text{п}}}{S_{\text{п}}}$$

где  $L_{\text{п}}$ ,  $S_{\text{п}}$  – приведенные параметры длины (м) и площади сечения ( $\text{мм}^2$ ) обмоток генератора.

В процессе нагрева генератора сопротивление медных обмоток возрастает из-за влияния температурного коэффициента сопротивления  $\alpha = 0,0039 \text{ 1}/^\circ\text{C}$ . При нагреве медного провода в обмотках на величину  $\Delta T$  его удельное электрическое сопротивление возрастет до величины:

$$\rho_{\text{т}} = \rho_0(1 + \alpha \cdot \Delta T).$$

Полное сопротивление  $r_{\text{т}}$  нагретых обмоток увеличится с их нагревом:

$$r_{\text{т}} = \rho_0 \frac{L_{\text{п}}}{S_{\text{п}}}(1 + \alpha \cdot \Delta T) = r_0 + r_0 \alpha \cdot \Delta T.$$

Если к генератору подключена нагрузка с активным сопротивлением  $R_{\text{н}}$ , то мощность  $P_0$ , потребляемая им при  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  составит:

$$P_0 = \frac{U^2}{R_{\text{н}} + r_0}.$$

При нагреве обмоток на  $\Delta T$  мощность  $P_{\text{т}}$ , потребляемая нагрузочным сопротивлением, изменится:

$$P_{\text{т}} = \frac{U^2}{R_{\text{н}} + r_{\text{т}}} = \frac{U^2}{R_{\text{н}} + r_0 + r_0 \alpha \cdot \Delta T}.$$

Относительное изменение потребляемой мощности найдем из соотношения:

$$\frac{P_{\text{т}}}{P_0} = \frac{R_{\text{н}} + r_0}{R_{\text{н}} + r_0 + r_0 \alpha \cdot \Delta T} = 1 - \frac{r_0 \alpha \cdot \Delta T}{R_{\text{н}} + r_0(1 + \alpha \cdot \Delta T)}. \quad (1)$$

Из выражения (1) определим величину снижения потребляемой мощности при нагреве обмотки на  $\Delta T$ :

$$\frac{P_0 - P_{\text{т}}}{P_0} = \frac{\Delta P}{P_0} = \frac{r_0 \alpha \cdot \Delta T}{R_{\text{н}} + r_0(1 + \alpha \cdot \Delta T)}, \quad (2)$$

где  $\Delta P$  – снижение мощности генератора при нагреве обмоток, Вт.

После алгебраических преобразований формула (2) примет следующий вид:

$$\frac{\Delta P}{P_0} = \frac{1}{1 + \frac{1}{\alpha \cdot \Delta T} \left( \frac{R_{\text{н}}}{r_0} + 1 \right)}, \quad (3)$$

Формула (3) с погрешностью до 1 % может быть представлена в виде:

$$\frac{\Delta P}{P_0} \cong \frac{1}{\frac{1}{\alpha \cdot \Delta T} \cdot \frac{R_{\text{н}}}{r_0}} \cong \alpha \cdot \Delta T \frac{r_0}{R_{\text{н}}}, \quad (4)$$

Из выражения (4) следует, что при питании нагрузки от генератора, потери потребляемой мощности возрастают пропорционально росту температуры нагрева его обмоток.

Допустимые рабочие температуры эксплуатации генератора находятся в диапазоне от минус 40 до + 80  $^\circ\text{C}$ . По сведениям из инструкции [10], в холодном состоянии генератор Г1000В при частоте вращения 3000 об/мин и напряжении 26,5 В должен обеспечивать ток нагрузки 32 А. В горячем состоянии при тех же показателях частоты вращения и напряжения генератор может обеспечивать ток нагрузки 24 А, что на 6 А меньше. Эти расчеты подтверждают реальность снижения мощности генератора на 18 % при его нагреве. Длительная работа силового электрооборудования в нагретом состоянии отрицательно влияет на качество изоляции обмоток и их ресурс.

Для того, чтобы электрическая машина работала в номинальном тепловом режиме, применяют системы охлаждения, на работу которых тоже расходуют электроэнергию. Например, на современных электровозах расход электроэнергии на охлаждение тяговых двигателей составляет до 15 % от расхода энергии на тягу [12].

В зависимости от исполнения электрической машины, поток охлаждающего воздуха направляется либо на внешнюю поверхность машины (например, внешний обдув асинхронных электродвигателей), либо в вентиляционные каналы внутрь машины к обмоткам, магнитопроводу и другим нагревающимся деталям [13] (таково внутреннее охлаждение автотракторных генераторов). В асинхронном электродвигателе применена напорная система вентиляции. Для создания напора охлаждающего воздуха, которым обдувается оребренный корпус статора, служит центробежный вентилятор, закрепленный на заднем конце вала ротора. Радиальное исполнение лопаток вентилятора позволяет одинаково эффективно обдувать электродвигатель независимо от направления вращения ротора.

Автотракторный генератор охлаждается вытяжной системой вентиляции. На переднем конце вала ротора,



рядом со шкивом привода установлено колесо центробежного вентилятора, создающее разрежение у переднего (со стороны привода) подшипникового щита. Внешний воздух под действием разрежения протягивается через выпрямительный блок с регулятором напряжения, вентиляционные каналы статора и ротора, охлаждая обмотку и магнитопровод. Встроенный вентилятор размещен на валу генератора, что необходимо учитывать при его исполнении [13]:

- частота вращения колеса вентилятора соответствует частоте вращения ротора;
- параметры колеса вентилятора ограничены размерами генератора и местом его крепления на роторе генератора;
- протяжка охлаждающего воздуха через каналы генератора зависит от исполнения лопаток на колесе вентилятора.

Для реверсивной работы генератора рекомендуется [13] применение центробежного вентилятора с радиальными лопатками. Расчет вентилятора для генератора представляет собой решение системы двух уравнений, учитывающих аэродинамическую характеристику охлаждающих каналов генератора и аэродинамику вентилятора:

$$\begin{cases} H = A_{\text{эк}} Q^2, \\ H = f(Q). \end{cases}$$

где  $H$  – давление (напор) воздушного потока;  $A_{\text{эк}}$  – аэродинамическое сопротивление охлаждающих каналов генератора;  $Q$  – расход воздуха.

Ограниченность данного подхода к расчету вентилятора для вытяжных систем вентиляции электромашин заключается в том, что в расчете учитывается напор вентилятора, а не разрежение, создаваемое им. Уместно полагать, что между напором и разрежением центробежного вентилятора существует определенная связь, но степень их корреляции авторами [13] не показана. Поэтому влияние параметров и конфигураций лопаток колеса вентилятора на температурный режим реверсивно работающего генератора приходится оценивать экспериментально.

Для охлаждения электродвигателей и генераторов в них встраивают [14] центробежные вентиляторы, содержащие колеса с лопатками различной конфигурации (рисунок 2). На высокооборотных нереверсивных электромашинках рекомендуется устанавливать лопатки с наклоном назад, на низкооборотных – лопатки с наклоном вперед, на реверсивных – радиальные лопатки.

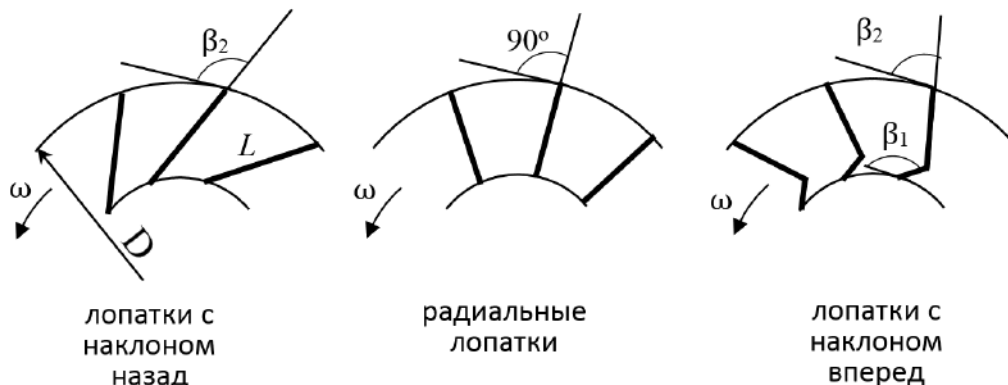


Рисунок 2 – Конфигурация и параметры лопаток на колесе вентилятора:  $D$  – наружный диаметр колеса;  $L$  – длина лопатки;  $\beta_1$  – угол наклона на входе;  $\beta_2$  – угол наклона на выходе

Виноградов П.И. [14, 15] экспериментально установил, что для электромашин с небольшим аэродинамическим сопротивлением подходят вентиляторы, имеющие радиальные лопатки ( $\beta_2 = 90^\circ$ ) и лопатки с наклоном назад ( $\beta_2 = 140^\circ$ ). Автор считает, что для увеличения расхода охлаждающего воздуха применимы вентиляторы, оснащенные лопатками с наклоном вперед ( $\beta_2 = 40^\circ$ ), давление которых может в 2 раза превысить давление вентиляторов с радиальными лопатками.

**Заключение.** Проведенный анализ позволяет полагать, что рациональное решение задачи охлаждения корпуса генератора Г1000В при работе в режиме левого вращения вала ротора возможно путем замены (или реконструкции) встроенного колеса вентилятора на колесо с конфигурацией лопаток, соответствующей левому вращению ротора.

#### Литература

1. Исследование свойств нефтяных и синтетических масел как основы противокоррозионных материалов / В.И. Вигдорович, Л.Г. и др. // Химия и технология топлив и масел. 2019. № 4 (614). С. 35-41.
2. Петрашев А.И. Пневматическая установка для нагрева и распыления вязких красок и мастик в условиях АПК // Практика противокоррозионной защиты. 2001. № 4 (22). С. 23-26.
3. Петрашев А.И., Князева Л.Г. Повышение пропускной способности шланга с электронагревательной спиралью для подачи загущенного консерванта на распыление // Инженерные технологии и системы. 2021. Т. 31. № 4. С. 559-576.

4. Петрашев А.И., Клепиков В.В. Обоснование выбора технических средств для консервации аграрной техники при хранении // Наука в центральной России. 2014. № 5 (11). С. 28-37.
5. Петрашев А.И. Карданный вал в приводе навесного оборудования с боковым смещением вала приема мощности // Техника и оборудование для села. 2023. № 5 (311). С. 10-15.
6. Навесной агрегат для консервации аграрной техники при пониженных температурах / А.М. Губашева, А.И. Петрашев и др. // Наука в центральной России. 2017. № 1 (25). С. 43-54
7. Навесной агрегат для консервации сельхозмашин в полевых условиях: патент 2752928 Российская Федерация / Петрашев А.И., Остриков В.В., Клепиков В.В. Заявка № 2020141478 от 15.12.2020; опубл. 11.08.2021. Бюл. № 23. 14 с.
8. Навесной консервационный агрегат: патент 2792553 Российская Федерация / Петрашев А.И. Заявка № 2022118132 от 01.07.2022; опубл. 22.03.2023. Бюл. № 9. 18 с.
9. Тракторы «Беларусь» МТЗ-80, МТЗ-82 и их модификации. Инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию / В.Г. Левков, И.Ф. Бруенков и др. – Минск: Ураджай, 1990. 174 с.
10. Чебоксарский завод генераторов «Электром». Генераторы модификации Г1000 и Г1000В. Руководство по эксплуатации ГЛЦИ.525266.001-00 РЭ. Версия 1.1. Чебоксары, 2005. 22 с.
11. Кошкин Н.И., Ширкевич М.Г. Справочник по элементарной физике. М.: Наука, 1988. 256 с.
12. Логинова Е.Ю. Совершенствование методов анализа теплового состояния тяговых электродвигателей тепловозов и характеристик их систем охлаждения: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.07/ Моск. гос. ун-т путей сообщения (МИИТ). Москва, 2000. 48 с.
13. Тюков В.А., Честюнина Т.В., Бухгольц Ю.Г. Теплопередача, вентиляционные и тепловые расчеты в электромеханике. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2013. 248 с.
14. Виноградов В.И. Исследование вентиляторов электрических машин. Л.: Энергия, 1970. 91 с.
15. Виноградов В.И. Вентиляторы электрических машин. Л.: Энергоиздат. 1980. 200 с.

УДК 621. 313.12: 621.635

### **РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕРНИЗАЦИИ КРЫЛЬЧАТКИ ГЕНЕРАТОРА Г1000В ДЛЯ ЛЕВОГО ВРАЩЕНИЯ ВАЛА**

**А.И. Петрашев, д.т.н., В.В. Клепиков, к.т.н.**

ФГБНУ ВНИИТиН

г. Тамбов, Российская Федерация

**Введение.** Автотракторный генератор Г1000В является компактным источником низковольтной электроэнергии, пригодным для применения в технологиях нагрева и нанесения загущенных консервационных смазок в условиях отсутствия сетевого электроснабжения [1, 2, 3]. Номинальный энергетический режим работы генератора обеспечивается при правом вращении его вала. В настоящее время наработаны новые технические решения и проведены исследования, подтверждающие эффективность кумулирования ограниченного объема энергии от генератора в потоках осушающего воздуха и поступающей на распыление смазки [4, 5, 6]. В рациональных компоновочных схемах навесного консервационного оборудования с приводом от ВОМ трактора на 1000 об/мин вал генератора должен вращаться влево. При левом вращении вала генератора и крыльчатки вентилятора, закрепленной на нем, может снизиться качество охлаждения корпуса генератора, что приведет к повышению температуры его обмоток [7]. Длительная эксплуатация генератора в горячем состоянии отрицательно влияет на его мощностные и ресурсные показатели.

В генераторе Г1000В вентилятор выполнен в виде колеса, содержащего 11 лопаток с наклоном назад. Это колесо взаимозаменяемо с колесом, имеющим 10 радиальных лопаток. На рисунке 1 показаны генератор Г1000В и оба колеса, вид колес со стороны заднего подшипникового щита генератора.



Рисунок 1– Исполнение колес вентилятора для генератора Г1000В

Стрелкой указано нормальное направление вращения колес (со стороны заднего подшипникового щита) при эксплуатации генератора в составе дизельного двигателя.

**Материалы и методы.** Цель исследования – оценить динамику изменения температурного режима корпуса генератора Г1000В под нагрузкой при изменении параметров конфигурации лопаток на колесе его вентилятора.

Для экспериментального исследования режимов охлаждения корпуса генератора при работе под нагрузкой изготовлен испытательный стенд, схема которого показана на рисунке 2.

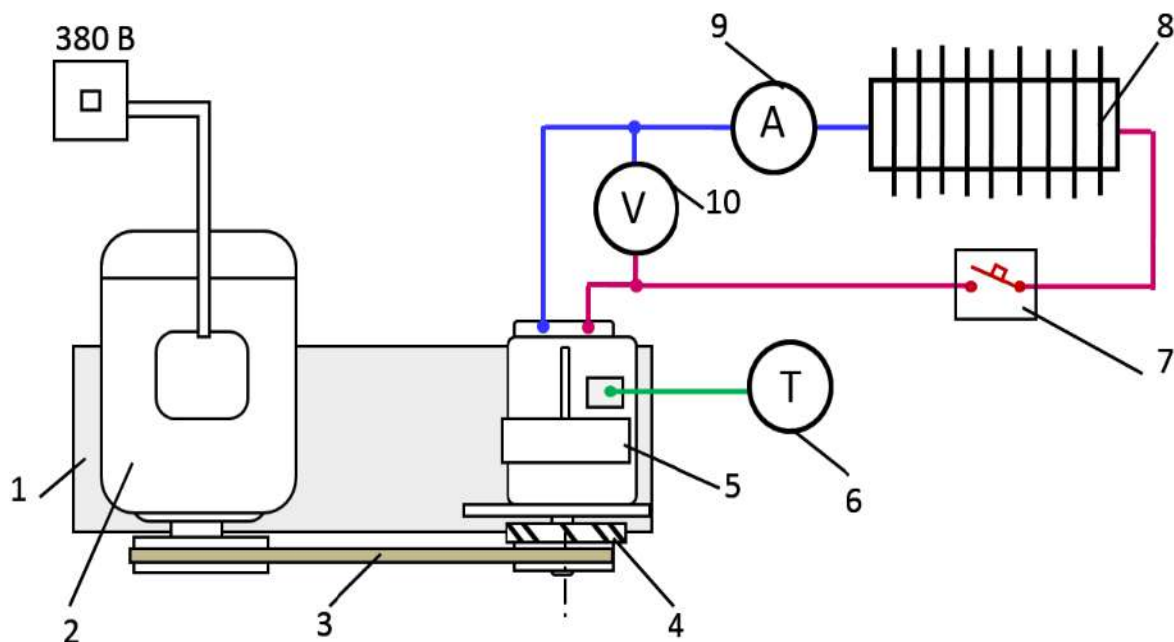


Рисунок 2 – Схема стенда для исследования режимов охлаждения корпуса генератора Г1000В:  
1 – платформа; 2 – электродвигатель; 3 – ременная передача; 4 – колесо вентилятора; 5 – генератор; 6 – термометр электронный; 7 – выключатель; 8 – нагрузочное сопротивление; 9 – амперметр; 10 – мультиметр

Стенд включает платформу 1, на которой размещены электродвигатель 2 и генератор 5, соединенные клиноременной передачей 3. На корпусе генератора закреплен и внешне теплоизолирован датчик электронного термометра 6. К выводным контактам генератора подключена электрическая цепь с выключателем 7 и нагрузочным сопротивлением 8 на 20 Ом из нихромовой проволоки. В электрическую цепь также включены аналоговый амперметр 9 для измерения силы тока и мультиметр 10 для измерения напряжения. Для измерения частоты вращения валов электродвигателя и генератора использован механический тахометр часового типа.

В процессе исследования реверсировали направление вращения валов электродвигателя и генератора путем переключения обмоток электродвигателя; механически изменяли конфигурацию радиальных лопаток на колесе вентилятора; переставляли колеса 4 вентилятора на валу генератора 5. При включении стенда регистрировали показания температуры по термометру 6, силы тока – по амперметру 9, напряжения – по мультиметру 10, частоты вращения валов – по тахометру.

Мощность  $P_n$  (Вт), затрачиваемую на нагрев нагрузочного сопротивления, рассчитывали по формуле:

$$P_n = I_n U_n,$$

где  $I_n$  – ток нагрузки, А;  $U_n$  – напряжение на клеммах генератора, В.

**Результаты и их обсуждение.** При выполнении исследования привод генератора осуществлялся от электродвигателя АИР 80, номинальная мощность которого  $P_{эл} = 2,2$  кВт, номинальное число оборотов вала  $n_{эл} = 2850$  об/мин. Фактическое число оборотов вала электродвигателя под нагрузкой, равной 28 % от номинальной, составило  $n_{эл,н} = 2980$  об/мин. Благодаря повышающей ременной передаче фактическое число оборотов вала генератора увеличено до  $n_r = 3750$  об/мин. Этим оборотам вала по токоскоростной характеристике [8] соответствовал ток генератора  $I_r = 32$  А и мощность  $P_r = 900$  Вт (рисунок 3).

Во время опытов регистрируемая сила тока, протекавшего через нагрузочное сопротивление, изменялась в диапазоне  $20 \text{ А} \leq I_n \leq 21 \text{ А}$ , а напряжение на клеммах генератора  $29,6 \text{ В} \leq U_n \leq 30,2 \text{ В}$ . Колебания тока и напряжения были обусловлены изменением теплового состояния корпуса генератора.

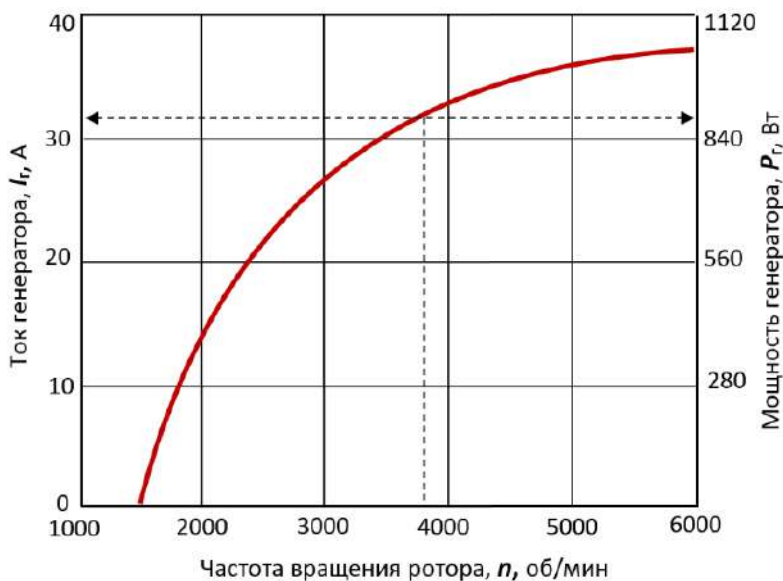


Рисунок 3 – Токоскоростная характеристика генератора Г1000В

На рисунке 4 отражены параметры нагрева корпуса генератора Г1000В при работе под нагрузкой в зависимости от длительности работы, наклона лопаток на колесе вентилятора и направления вращения вала генератора.

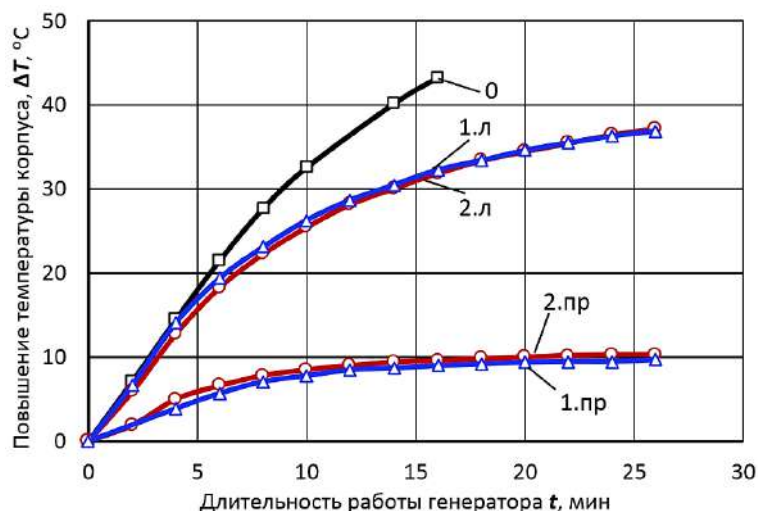


Рисунок 4 – Динамика повышения температуры  $\Delta T$  корпуса генератора Г1000В в зависимости от направления вращения и исполнения лопаток на колесе вентилятора: 0 – без колеса вентилятора; 1.л – вращение левое, лопатки с наклоном вперед; 2.л – левое, лопатки установлены радиально; 1.пр – вращение правое, лопатки с наклоном назад; 2.пр – правое, лопатки установлены радиально

При работе генератора без вентилятора в течение 15 мин (график 1), температура его корпуса повысилась от 22 до 65 °С (на 43 °С). В случае работы генератора с разными колесами вентилятора, на интенсивность нагрева корпуса практически не влияли углы наклона их лопаток. В большей мере интенсивность нагрева зависела от направления вращения колес. При правом (нормальном) вращении обоих колес температура корпуса за 15 мин поднялась на 8-9 °С, а за 27 мин. вышла на стабильный температурный уровень, который в дальнейшем на 9-10 °С превышал температуру окружающего воздуха (графики 1.пр и 2.пр).

Если правое направление вращения колес изменяли на левое (реверсивное), то степень охлаждения генератора существенно ухудшалась: по истечении 15 мин. работы температура корпуса повысилась на 31 °С, а через 27 мин. с начала опыта – на 37-38 °С (графики 1.л и 2.л) и сохранила тенденцию к росту.

Мощность, потребляемая нагрузочным сопротивлением, снижалась в процессе нагрева корпуса генератора. На рисунке 5 сгруппированы данные по потребляемой мощности для различных вариантов охлаждения корпуса генератора, и проведены линии тренда в каждой группе. Влияние температуры корпуса генератора на мощность, потребляемую нагрузочным сопротивлением, в общем виде описывает степенная функция:

$$P_n = aT^{-b},$$

где  $a$  – эмпирический коэффициент,  $a > 600$ ;  $b$  – эмпирический показатель степени,  $b < 0,07$ .

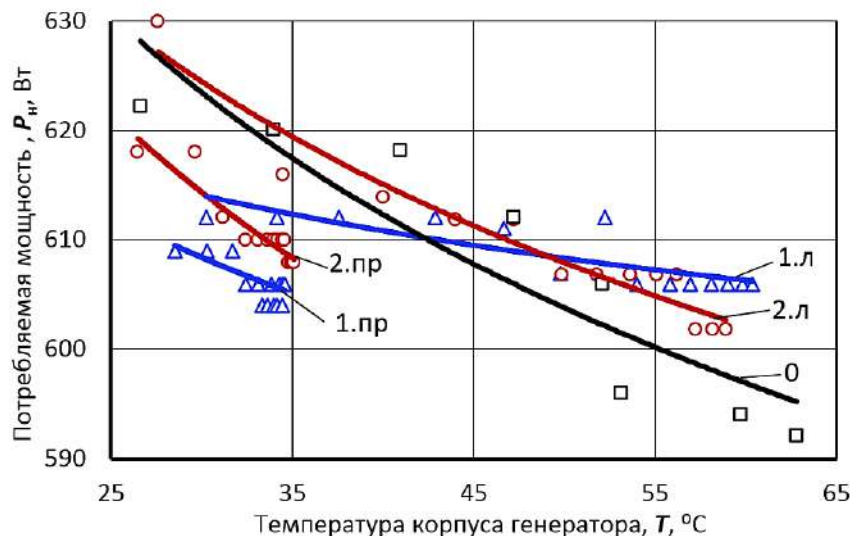


Рисунок 5 – Влияние температуры  $T$  корпуса генератора на мощность  $P_n$ , потребляемую нагрузочным сопротивлением: 0 - при работе без колеса вентилятора; 1л - левое вращение колеса, лопатки с наклоном вперед; 2л – левое, лопатки установлены радиально; 1.пр – правое вращение, лопатки с наклоном назад; 2.пр – правое, лопатки установлены радиально

При работе генератора без вентилятора, его корпус за 15 мин. нагрелся до 65 °С, а величина потребляемой мощности снизилась на 5,5 %. При работе с нормальным правым вращением обоих колес вентилятора, корпус генератора в течение 27 мин. нагревался до 31-32 °С, а потребляемая мощность снижалась всего на 1,0-1,8 %. Если направление вращения вала с колесами меняли на левое, то корпус за 27 мин. нагревался до 59-60 °С, а мощность снижалась на 1,4-4 %.

Полученные данные, отражающие способность вентилятора с радиальными лопатками охлаждать корпус генератора при реверсивном применении, несколько отличались от рекомендаций источников [9, 10]. Оказалось, что при реверсивном (левом) вращении колеса вентилятора, эффективность охлаждения радиальными лопатками практически не отличалась от охлаждения лопатками, вращающимися с наклоном вперед (см. рисунок 4). Конструктивно, с тыльных сторон радиальных лопаток выполнены ребра, которые могли бы повлиять на отток воздуха из вентилятора при левом вращении колеса. По всей видимости, при вращении колеса вправо лопатки гонят воздух не только в радиальном направлении, но и в осевом, в сторону шкива привода генератора. Так как диаметр шкива равен  $d_{ш} = 91$  мм, а диаметр фланца колеса вентилятора до нижней кромки лопаток равен  $d_{ф} = 89$  мм, то шкив не перекрывает просвет между радиальными лопатками. Ребра лопаток, находясь с их тыльной стороны, позволяют потоку воздуха беспрепятственно сходить с радиальных лопаток вдоль оси вала к шкиву, повышая производительность вентилятора по протяжке воздуха через вентиляционные каналы генератора.

В случае изменения направления вращения колеса вентилятора на левое, ребра находятся с фронтальной стороны лопаток и препятствуют осевому перемещению воздуха в сторону шкива. Это, вероятно, явилось причиной снижения производительности вентилятора и отвода теплоты от генератора. Полученный результат позволил предположить, что эффективность охлаждения корпуса генератора при реверсивном вращении его вала может быть повышена путем внесения конструкционных изменений в конфигурацию радиальных лопаток, их ребер и фланца на колесе вентилятора.

Результаты исследований по оценке влияния изменений, внесенных в конфигурацию колеса вентилятора с радиальными лопатками, на нагрев корпуса генератора показаны на рисунке 6. В заводской конфигурации колеса вентилятора плоскости радиальных лопаток расположены вдоль оси вала. Процесс нагрева корпуса генератора при использовании колеса с радиальными лопатками заводской конфигурации характеризуется графиком 2.л – для левого вращения и графиком 2.пр – для правого вращения вала. Остальные графики отражают степень влияния конструкционных изменений лопаток, ребер и фланца в заводском колесе вентилятора на нагрев работающего генератора при левом вращении его вала.

График 3.л – тыльные ребра лопаток обрезаны по диагонали, плоскости лопаток наклонены влево на 12° к оси колеса. График 4.л – тыльные ребра лопаток обрезаны на 1/3 высоты, обрезаны выступы на периферии фланца, плоскости лопатки наклонены влево на 20°. График 5.л – тыльные ребра лопаток обрезаны на 1/3 высоты, срезаны выступы на периферии фланца, плоскости лопаток наклонены влево на 20°, верхние концы лопаток загнуты назад (для левого вращения со стороны привода) на угол 40-45° к радиусу колеса.

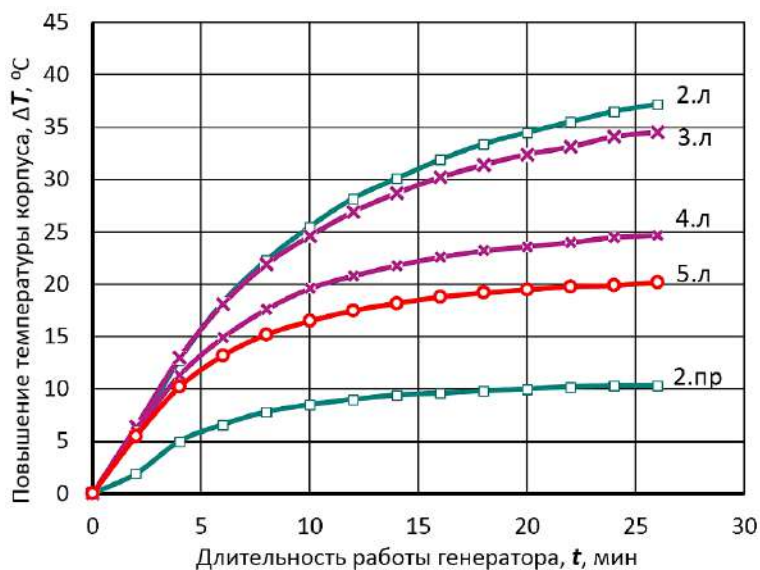


Рисунок 6 – Динамика повышения температуры  $\Delta T$  корпуса генератора Г1000В в процессе изменения конфигурации радиальных лопаток и фланца на колесе вентилятора при правом (2.пр) и левом (2.л, 3.л, 4 л, 5.л) вращении вала; пояснения по внесенным изменениям – в тексте

Согласно данным, отраженным на графике 2.пр, при нормальном правом вращении заводского колеса вентилятора корпус генератора в течение 27 мин работы нагрелся на  $\Delta T_{н} = 10$  °C, а при левом реверсивном (график 2.л) – на  $\Delta T_1 = 38$  °C. В случае левого вращения заводского колеса, перегрев корпуса составил 280 %. Обрезка ребер колеса по диагонали и наклон лопаток влево на 12° позволили снизить температуру нагрева работающего генератора на 4 °C ( $\Delta T_2 = 34$  °C, график 3.л), перегрев корпуса генератора составил 240 %.

Дальнейшая обрезка ребер колеса на 1/3 высоты и выступов на периферии фланца с наклоном лопаток на 20° влево обеспечили снижение температуры нагрева генератора на 13 °C ( $\Delta T_3 = 25$  °C, график 4.л). При этом перегрев корпуса генератора относительно номинального составил 150 %. Этот результат указывает на рост доли осевой составляющей в потоке воздуха, протягиваемом колесом данной конфигурации через вентиляционные каналы генератора.

Дополнительный загиб назад концов радиальных лопаток под углом 40-45° к радиусу колеса способствовал уменьшению температуры корпуса генератора еще на 5 °C (до  $\Delta T_4 = 20$  °C, график 5.л). Благодаря этому изменению конфигурации лопаток колеса, перегрев корпуса генератора составил 10 °C от номинального (или 100 %). На рисунке 7 изображены заводское колесо вентилятора с радиальными лопатками и его рациональная конфигурация после реконструкции под реверсивное (левое) вращение вала генератора.



колесо с радиальными лопатками для правого вращения вала генератора



то же колесо после реконструкции для левого вращения вала генератора

Рисунок 7 – Конфигурация заводского колеса вентилятора с радиальными лопатками для правого вращения вала генератора и после его реконструкции для левого вращения (вид со стороны заднего подшипникового щита)

По сравнению с заводским колесом, рациональная конфигурация колеса вентилятора обеспечила снижение в 2,8 раза возросшей тепловой нагрузки на генератор при реверсивном применении. Тем самым в генераторе достигнут близкий к нормальному уровень охлаждения фазных обмоток, обмотки возбуждения, выпрямительного блока и регулятора напряжения. При этом была обеспечена механическая прочность лопаток.

**Заключение.** Исследования показали, что интенсивность нагрева корпуса генератора, работающего под нагрузкой, в большей мере зависит от направления вращения колеса встроенного вентилятора. При правом вращении колеса с радиальными лопатками, корпус генератора в течение 27 мин. нагрелся от 22 до 32 °С, а потребляемая мощность снизилась на 1,8 %. При левом вращении колеса корпус за это же время нагрелся до 60 °С, а мощность снизилась до 4 %. При реверсивном (левом) вращении эффективность охлаждения генератора радиальными лопатками практически не отличалась от охлаждения лопатками, вращающимися с наклоном вперед.

Для улучшения охлаждения корпуса генератора Г1000В при реверсивном применении выполнены изменения конфигурации и параметров колеса с радиальными лопатками. Сгиб лопаток на 12° влево и обрезка их ребер по диагонали позволили снизить температуру нагрева работающего генератора на 4 °С. Обрезка ребер на 1/3 высоты лопаток и выступов на периферии фланца со сгибом лопаток на 20° влево обеспечили снижение температуры нагрева генератора на 13 °С. Этот результат свидетельствовал о росте осевой составляющей в потоке воздуха, протягиваемом колесом данной конфигурации через вентиляционные каналы генератора. Дополнительный загиб назад концов радиальных лопаток под углом 40-45° к радиусу колеса способствовал уменьшению температуры корпуса генератора еще на 5°С благодаря увеличению радиальной составляющей в потоке охлаждающего воздуха. При этом различие между температурами корпуса генератора для левого и правого вращения составило 10°С.

В целом, проведенные слесарные операции по реконструкции штатного колеса вентилятора с радиальными лопатками, позволили улучшить вентиляцию генератора Г1000В при реверсивном применении, тем самым снизить температуру нагрева его корпуса на 18 °С и выйти на стабильный температурный режим работы, который, примерно, на 20°С выше температуры окружающего воздуха.

#### **Литература**

1. Петрашев А.И., Клепиков В.В. Технические решения проблемы консервации сельхозмашин вязкой мастикой с подогревом // Наука в центральной России. 2019. № 4 (40). С. 114-122.
2. Петрашев А.И., Клепиков В.В. Обоснование выбора технических средств для консервации аграрной техники при хранении // Наука в центральной России. 2014. № 5 (11). С. 28-37.
3. Петрашев А.И., Клепиков В.В. Беспламенные системы нагрева вязких смазок при консервации техники в полевых условиях / В сборнике: Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции - новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства. Сборник научных докладов XXI Международной научно-практической конференции. Тамбов, 2021. С. 153-157.
4. Петрашев А.И., Клепиков В.В. Применение электроэнергии низковольтного генератора для подогрева воздушного потока при сушке машин // Наука в центральной России. 2019. № 1 (37). С. 19-28.
5. Петрашев А.И., Клепиков В.В. Перспективы использования низковольтных генераторов в технологиях консервации сельхозмашин / В сборнике: Инженерные технологии для устойчивого развития и интеграции науки, производства и образования. Материалы Международной научно-практической конференции, посвящённой 15-летию Ассоциации "Объединённый университет имени В.И. Вернадского". в 4-х томах. 2020. С. 78-82.
6. Петрашев А.И., Князева Л.Г. Повышение пропускной способности шланга с электронагревательной спиралью для подачи загущенного консерванта на распыление // Инженерные технологии и системы. 2021. Т. 31. № 4. С. 559-576.
7. Петрашев А.И., Клепиков В.В. Снижение уровня нагрева генератора Г1000В при реверсивном применении // Наука в центральной России. 2023. № 1 (61). С. 23-33.
8. Чебоксарский завод генераторов «Электром». Генераторы модификации Г1000 и Г1000В. Руководство по эксплуатации ГЛЦИ.525266.001-00 РЭ. Версия 1.1. Чебоксары, 2005. 22 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://tad74.ru/f/generator-g1000.pdf> (дата обращения 20.07.2023).
9. Виноградов В.И. Исследование вентиляторов электрических машин. Л.: Энергия, 1970. 91 с.
10. Виноградов В.И. Вентиляторы электрических машин. Л.: Энергоиздат. 1980. 200 с.

УДК 631.3.072.32: 631.3-1/-9

#### **ПАРАМЕТРЫ КАРДАННОГО ВАЛА ПРИ БОКОВОМ СМЕЩЕНИИ ВАЛА ПРИЕМА МОЩНОСТИ**

**А.И. Петрашев, д.т.н.**

ФГБНУ ВНИИТиН

*г. Тамбов, Российская Федерация*

**Введение.** В гаражах, мастерских, на пунктах техобслуживания для производства сжатого воздуха при консервации техники используются компрессорные установки с электроприводом [1, 2]. В полевых условиях, на машинных и бригадных дворах, площадках хранения техники предпочтительнее применение навесного компрессора с приводом от ВОМ трактора [3, 4] посредством телескопического карданного вала. Карданный

вал состоит из трубы с вилкой, штока с вилкой, двух концевых вилок и двух крестовин. Посредством крестовин вилки на трубе и штоке шарнирно соединены с концевыми вилками.

При выборе карданного вала для привода навесного компрессора следует оценить длину и рабочий угол его отклонения от оси ВОМ. Минимальная длина телескопического карданного вала измеряется в сжатом состоянии, а при определении его максимальной длины учитывается рабочий ход телескопического шарнира [5]. Рабочий ход – расстояние, на которое допустимо раздвинуть телескопический шарнир, сохранив при этом годность карданного вала к эксплуатации. Излишне длинным карданным валом невозможно соединить ВОМ с валом приема мощности (ВПМ) на компрессоре, навешенном на трактор. При коротком карданном валу может разъединиться телескопический шарнир в процессе работы, и возникнуть аварийная ситуация. Минимально допустимое перекрытие телескопического шарнира при максимальной длине вала должно быть, примерно, 100 мм.

В ГОСТ 13758-89 [6] на карданные валы для сельскохозяйственных машин указаны две длины карданного вала:  $L_{\min}$  — минимальное расстояние между центрами шарниров полностью сдвинутого вала и  $L_{\max}$  — максимальное расстояние между центрами шарниров раздвинутого карданного вала с допустимым перекрытием телескопического соединения. Однако, этих двух параметров недостаточно для выбора подходящего карданного вала, так как не учтены размеры концевых вилок на шарнирах.

Согласно стандарту [6], карданный вал с универсальным шарниром, работающий при постоянной номинальной нагрузке, должен иметь ресурс не менее 500 ч при рабочем угле  $0,262$  рад. ( $15^\circ$ ) и передавать номинальный крутящий момент при рабочих углах не более  $0,385$  рад. ( $22^\circ$ ).

Однако, оценка длины карданного вала и рабочего угла его отклонения от оси ВОМ трактора могут быть осуществлены только после изготовления компрессорного оборудования и его монтажа на задней навеске трактора. При этом возможно событие, при котором рабочий угол отклонения карданного вала превысит допустимые  $22^\circ$ . В таком случае разработчикам придется корректировать компоновочную схему, дорабатывать и вновь изготавливать узлы привода навесного компрессора.

**Основная часть.** Цель исследования – разработать метод определения длины и рабочего угла отклонения карданного вала на этапе проектирования навесного оборудования с приводом от ВОМ трактора. В работе использованы методы математического моделирования конструктивно-технологических параметров карданной передачи в приводе компрессора от ВОМ трактора. Условия анализа параметров привода: навесной компрессор и трактор размещены на горизонтальной поверхности, соединены трехточечной навеской; ось хвостовика ВПМ параллельна оси хвостовика ВОМ, расположена ниже оси ВОМ и смещена вбок; хвостовики ВОМ и ВПМ соединены телескопическим карданным валом [7].

На рисунке 1 дана схема привода компрессора в трехмерной прямоугольной системе координат XYZ.

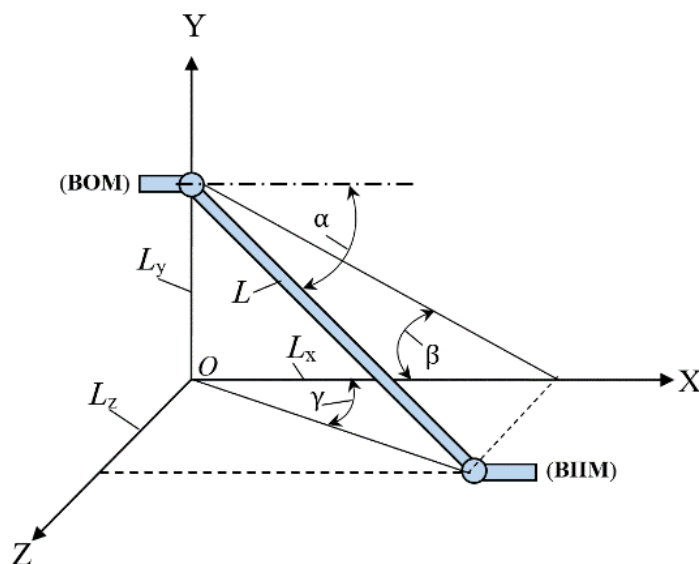


Рисунок 1 - Схема привода в трехмерной системе координат XYZ

На схеме показаны:  $L$  – расчетная длина карданного вала по центрам шарниров;  $L_x$  – длина проекции вала на ось абсцисс OX;  $L_y$  – длина проекции вала на ось ординат OY (вертикальное смещение ВПМ относительно ВОМ);  $L_z$  – длина проекции вала на ось аппликат OZ (боковое смещение ВПМ).

На схеме обозначены углы:  $\alpha$  – рабочий угол отклонения карданного вала от оси ВОМ;  $\beta$  – угол отклонения вала от оси ВОМ в вертикальной плоскости (вертикальный угол отклонения);  $\gamma$  – угол отклонения вала от оси ВОМ в горизонтальной плоскости (горизонтальный угол отклонения).

Из схемы определена расчетная длина карданного вала по центрам шарниров:



$$L = \sqrt{L_x^2 + L_y^2 + L_z^2}. \quad (1)$$

Тангенсы вертикального  $\beta$  и бокового  $\gamma$  углов отклонения карданного вала от оси ВОМ:

$$\operatorname{tg} \beta = L_y / L_x, \quad \operatorname{tg} \gamma = L_z / L_x.$$

Рабочий угол  $\alpha$  отклонения вала связан с углами  $\beta$  и  $\gamma$  уравнением:

$$\operatorname{tg}^2 \alpha = \operatorname{tg}^2 \beta + \operatorname{tg}^2 \gamma. \quad (2)$$

Для угла  $\alpha = 15^\circ$  ( $\operatorname{tg} \alpha = 0,268$ ) из уравнения (2) получена формула:

$$0,268^2 = \operatorname{tg}^2 \beta + \operatorname{tg}^2 \gamma. \quad (3)$$

Формула (3) идентична уравнению окружности [8] в виде:

$$r^2 = x^2 + y^2.$$

где  $r$  – радиус окружности,  $x = \operatorname{tg} \beta$ ,  $y = \operatorname{tg} \gamma$ .

При рабочем угле  $\alpha = 15^\circ$  формула (3) визуально изображается дугой окружности  $r = 0,268$  (рисунок 2).

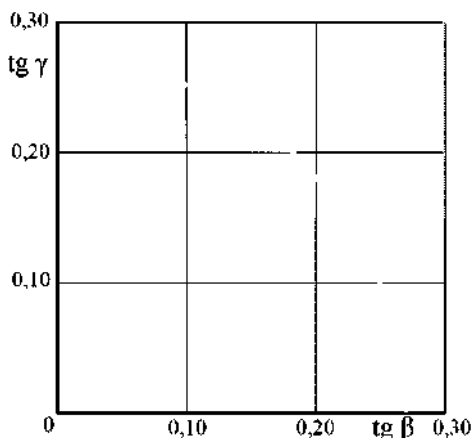


Рисунок 2 - Дуга взаимосвязи  $\operatorname{tg} \beta$  и  $\operatorname{tg} \gamma$  в рамках рабочего угла  $\alpha = 15^\circ$

Формула (3) представляет собой трансцендентную функцию взаимосвязи углов  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$ . Если углы измеряются в радианах, то угол  $\alpha = 15^\circ = 0,262$  рад. При этом различие между значениями угла  $15^\circ$  в радианах (0,262 рад.) и его тангенсом (0,268) составит 2,2%, а для угла  $22^\circ$  (0,384 рад) отличие от его тангенса (0,404) – 5%.

Для упрощения расчетов предложена приближенная алгебраическая функция взаимосвязи между углами:

$$\alpha^2 = \beta^2 + \gamma^2. \quad (4)$$

Формула (4) уточнена для угла отклонения кардана  $\angle \alpha = 15^\circ$ :

$$(15^\circ)^2 = (\beta^\circ)^2 + (\gamma^\circ)^2. \quad (5)$$

В таблице 1 приведены результаты расчета углов по формулам (3) и (5).

Таблица 1 - Результаты расчета вертикального  $\angle \beta$  и бокового  $\angle \gamma$  углов при рабочем угле  $\angle \alpha = 15^\circ$

$\angle \beta$ , градус	$0^\circ$	$2,5^\circ$	$5^\circ$	$7,5^\circ$	$10^\circ$	$12,5^\circ$	$15^\circ$
Расчет $\angle \gamma$ по (3), градус	$15^\circ$	$14,8^\circ$	$14,2^\circ$	$13,1^\circ$	$11,4^\circ$	$8,5^\circ$	$0^\circ$
Расчет $\angle \gamma$ по (5), градус	$15^\circ$	$14,8^\circ$	$14,1^\circ$	$13^\circ$	$11,2^\circ$	$8,3^\circ$	$0^\circ$
Разность между (5) и (3)	0	0	$-0,1^\circ$	$-0,1^\circ$	$-0,2^\circ$	$-0,2^\circ$	0

Результаты расчетов подтверждают допустимость применения алгебраической функции (4) при определении рабочего угла  $\alpha$  отклонения карданного вала в интервале  $0^\circ \leq \alpha \leq 15^\circ$  с погрешностью до 2,2 %, а в интервале  $15^\circ \leq \alpha \leq 22^\circ$  с погрешностью до 5 %. Для вычислений углов  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  (в градусах) по значениям проекций, предложены формулы:

$$\alpha^\circ = 53,7 \sqrt{(L_y^2 + L_z^2) / L_x^2}, \quad \beta^\circ = 53,7 (L_y / L_x), \quad \gamma^\circ = 53,7 (L_z / L_x). \quad (6)$$

В формулах для определения параметров длины карданного вала и рабочего угла его отклонения приведены математические зависимости с использованием абстрактных проекций  $L_x$ ,  $L_y$  и  $L_z$ , которые не связаны с параметрами карданного вала, ВОМ, ВПМ, навески трактора и агрегируемого с ним навесного компрессора. Привязка формул к конструктивным элементам колесного трактора, сопрягаемым с элементами навесного компрессора, поясняется схемой на рисунке 3.

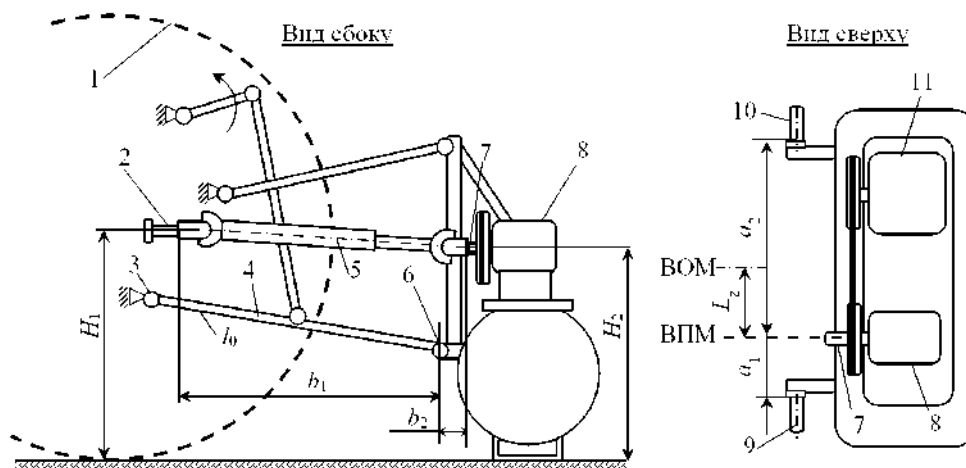


Рисунок 3 – Схема навески трактора с компрессором:

1 – заднее колесо трактора; 2 – ВОМ; 3 – ось нижней тяги навески; 4 – нижняя тяга; 5 – карданный вал; 6 – шарнир тяги (ось подвеса); 7 – ВПМ; 8 – опора ВПМ; 9 – левый присоединительный палец; 10 – правый присоединительный палец; 11 – компрессор

В случае размещения навесного оборудования на опорной поверхности (в исходном положении) вертикальное смещение  $L_y$  ВПМ относительно ВОМ:

$$L_y = H_2 - H_1, \quad (7)$$

где  $H_1, H_2$  – высота осей ВОМ и ВПМ относительно опорной поверхности.

Боковое смещение ВПМ относительно ВОМ [9]:

$$L_z = 0,5(a_2 - a_1), \quad (8)$$

где  $a_1, a_2$  – расстояние от оси ВПМ до заплечиков левого 9 и правого 10 присоединительных пальцев.

Расстояние  $L_x$  между центрами шарниров карданного вала:

$$L_x = b_1 + b_2 - l_B, \quad (9)$$

где  $b_1$  – расстояние от торца ВОМ до шарнира 6 нижней тяги 4;  $b_2$  – расстояние от торца ВПМ до оси 6 подвеса (левого пальца 9) навески;  $l_B$  – длина посадочной вилки (от торца посадочной втулки до центра шарнира).

В исходном (нижнем) положении расстояние  $b_1$  определяется по формуле:

$$b_1 = b_0 - \frac{0,5(H_6 - H_3)^2}{l_0}, \quad (10)$$

где  $b_0$  – расстояние от торца ВОМ до оси 6 шарнира нижней тяги 4 в горизонтальном положении;  $H_3$  – высота оси 3 нижней тяги;  $H_6$  – высота оси 6 подвеса (присоединительных пальцев 9 и 10);  $l_0$  – длина нижней тяги задней навески.

Введением выражений (7), (8) и (9) в (1) получена формула для расчета длины карданного вала по центрам шарниров:

$$L = \sqrt{(H_2 - H_1)^2 + (b_1 + b_2 - l_B)^2 + 0,25(a_2 - a_1)^2}. \quad (11)$$

Из формул (6) и (4) получены выражения для расчета углов отклонения карданного вала от оси ВОМ в исходном (нижнем) положении навесного оборудования (в градусах):

а) вертикальный угол отклонения

$$\beta^\circ = \frac{53,7(H_2 - H_1)}{b_1 + b_2 - l_B}; \quad (12)$$

б) горизонтальный угол отклонения

$$\gamma^\circ = \frac{26,9(a_2 - a_1)}{b_1 + b_2 - l_B}; \quad (13)$$

в) рабочий угол отклонения

$$\alpha^\circ = \frac{53,7\sqrt{(H_2 - H_1)^2 + 0,25(a_2 - a_1)^2}}{b_1 + b_2 - l_B}. \quad (14)$$

**Заключение.** Разработан метод определения длины и рабочего угла отклонения карданного вала при проектировании привода от ВОМ трактора для навесного компрессора с боковым смещением ВПМ. Выведена трансцендентная функция, связывающая тангенсы вертикального, бокового и рабочего углов отклонения карданного вала от оси ВОМ, доказана ее идентичность с уравнением окружности. Обоснована приближенная алгебраическая формула, действительная для расчета рабочего угла отклонения карданного вала в интервале от  $0^\circ$  до  $15^\circ$  с погрешностью до 2,2 %, а в интервале от  $15^\circ$  до  $22^\circ$  с погрешностью до 5 %. Получены расчетные зависимости, позволяющие определять длину и рабочий угол отклонения телескопического карданного вала в соответствии с параметрами задней навески трактора и разрабатываемого навесного компрессора.

### Литература

1. Прохоренков В.Д., Петрашев А.И. Практика защиты от коррозии сельскохозяйственной техники в современных условиях // Технология металлов. 2000. № 8. С. 14-20.
2. Петрашев А.И., Клепиков В.В. Обоснование выбора технических средств для консервации аграрной техники при хранении // Наука в центральной России. 2014. № 5 (11). С. 28-37.
3. Петрашев А.И., Клепиков В.В., Попов А.В. Навесной компрессор для консервации техники на площадках хранения // Сельский механизатор. 2021. № 4. С. 30-31.
4. Навесной агрегат для консервации аграрной техники при пониженных температурах / А.М. Губашева, А.И. Петрашев, Л.Г. Князева, А.Н. Зазуля // Наука в центральной России. 2017. № 1 (25). С. 43-54.
5. Карданные валы АО «Белкард». [Электронный ресурс]. URL: [http://www.kardbel.ru/article/v\\_kakom\\_sostoyanii\\_zameryayut\\_dlinu\\_kardana/?hlfcbinglfcjmo](http://www.kardbel.ru/article/v_kakom_sostoyanii_zameryayut_dlinu_kardana/?hlfcbinglfcjmo) (дата обращения 01.08.2023).
6. ГОСТ 13758-89. Валы карданные сельскохозяйственных машин. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1999. 19 с.
7. Навесной консервационный агрегат: патент 2792553 Российская Федерация / Петрашев А.И. Заявка № 2022118132 от 01.07.2022; опубл. 22.03.2023. Бюл. № 9.
8. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. М: Наука, 1964. 608 с.
9. Петрашев А.И. Карданный вал в приводе навесного оборудования с боковым смещением вала приема мощности // Техника и оборудование для села. 2023. № 5 (311). С. 10-15.

УДК 631.3.072.32: 631.3-1/-9

### **ДЛИНА И РАБОЧИЙ УГОЛ ОТКЛОНЕНИЯ КАРДАННОГО ВАЛА ОТ ОСИ ВОМ В ПРИВОДЕ НАВЕСНОГО КОНСЕРВАЦИОННОГО АГРЕГАТА**

**А.И. Петрашев**, д.т.н.

ФГБНУ ВНИИТиН

г. Тамбов, Российская Федерация

**Введение.** Ресурсоэкономная технология противокоррозионной защиты рабочих органов сельхозмашин предполагает использование консервационной смазки, приготовленной непосредственно в хозяйстве путем загущения собранных отработанных масел [1]. Механизированное нанесение загущенной консервационной смазки осуществляется в нагретом состоянии методом пневматического распыления [2, 3]. В консервационных агрегатах, предназначенных для нанесения смазки и работающих от ВОМ трактора, механическая энергия двигателя трактора преобразуется посредством компрессора в энергию сжатого воздуха для нагнетания и распыления смазки, а посредством автотракторного генератора – в электрическую и тепловую энергии для ее нагрева и разжижения [4, 5]. Механическая энергия от двигателя поступает на задний ВОМ трактора и с помощью карданного вала сначала передается на вал приема мощности (ВПМ) консервационного агрегата, а затем клиноременными передачами – на компрессор и генератор [6].

**Основная часть.** Цель исследования – определить условия для оценки параметров телескопического карданного вала в приводе навесного консервационного агрегата.

Привод рабочих механизмов на прицепных сельскохозяйственных машинах осуществляется от ВОМ трактора с помощью достаточно длинного карданного вала. На прицепных машинах вертикальный угол отклонения карданного вала от оси ВОМ остается практически постоянным, а угол бокового отклонения карданного вала изменяется только в процессе поворота трактора. У навесных агрегатов при подъеме изменяется вертикальный угол отклонения карданного вала и, соответственно, его рабочий угол. Приблизительная взаимосвязь между вертикальным, боковым и рабочим углами отклонения карданного вала от оси ВОМ описывается формулой из источника [7]:

$$\alpha \approx \sqrt{\beta^2 + \gamma^2}. \quad (1)$$

где  $\alpha$  – рабочий угол отклонения карданного вала от оси ВОМ, рад (градус);  $\beta$  – вертикальный угол отклонения карданного вала, рад (градус);  $\gamma$  – угол бокового отклонения карданного вала, рад (градус).

Формула (1) действительна для определения рабочего угла  $\alpha$  в диапазоне от 0° до 22° с точностью до 5 %.

Крепление телескопического карданного вала к ВОМ трактора и к ВПМ навешенного на него агрегата осуществляют в следующем порядке. Сначала на хвостовик ВПМ агрегата насаживают и закрепляют посадочную вилку штока. Затем трубу карданного вала перемещают по штоку, укорачивая длину вала на длину посадочной вилки трубы. Подводят посадочную вилку к хвостовику ВОМ, совмещают зубья посадочного отверстия в вилке со шлицами хвостовика ВОМ. Раздвигают телескопическое соединение карданного вала, насаживают и закрепляют на ВОМ посадочную вилку трубы.

В исходном положении, при размещении трактора и навесного агрегата на горизонтальной площадке, расчетная длина  $L_p$  карданного вала (по центрам шарниров), соединяющего ВОМ трактора с ВПМ агрегата, определяется по формуле:

$$L_p = \sqrt{(H_{\Pi} - H_0)^2 + (b_0 + b_{\Pi} - l_b)^2 + d^2}. \quad (2)$$

где  $H_0$ ,  $H_{\Pi}$  – высота осей ВОМ и ВПМ относительно площадки при размещении агрегата на ней;  $b_0$  – расстояние от торца ВОМ до оси шарнира нижней тяги навески (до оси подвеса агрегата);  $b_{\Pi}$  – расстояние от торца ВПМ до оси подвеса агрегата;  $l_b$  – длина посадочной вилки карданного шарнира;  $d$  – величина бокового смещения оси ВПМ относительно оси ВОМ.

Расстояние  $b_0$  от торца ВОМ до оси шарнира нижней тяги (до оси подвеса агрегата) [7]:

$$b_0 = b_{0r} - \frac{0,5(H_{ш} - H_T)^2}{l_0}, \quad (3)$$

где  $l_0$  – длина нижней тяги задней навески трактора;  $b_{0r}$  – расстояние от торца ВОМ до оси шарнира нижней тяги, находящейся в горизонтальном положении;  $H_{ш}$  – высота оси шарнира нижней тяги (оси подвеса агрегата) при размещении агрегата на площадке;  $H_T$  – высота оси крепления нижней тяги к трактору.

Выражение (2) для расчета длины карданного вала по центрам шарниров с учетом формулы (3) примет вид:

$$L_p = \sqrt{(H_{\Pi} - H_0)^2 + \left( b_{0r} + b_{\Pi} - \frac{0,5(H_{ш} - H_T)^2}{l_0} - l_b \right)^2 + d^2}. \quad (4)$$

Расчетная минимальная длина карданного вала:

$$L_{\min.p} = L_p - l_b. \quad (5)$$

Фактическая минимальная длина карданного вала по центрам шарниров должна быть меньше расчетной:

$$L_{\min.\phi} \leq L_{\min.p}. \quad (6)$$

Если минимальная длина приобретенного карданного вала больше величины, которую дает расчет по формуле (5), то следует продолжить поиск подходящего карданного вала меньшей длины или уменьшить его до нужного размера.

Расчетная максимальная длина по центрам шарниров раздвинутого карданного вала с учетом перекрытия телескопического соединения:

$$L_{\max.p} = L_p + \Delta L_{\Pi}, \quad (7)$$

где  $\Delta L_{\Pi}$  – гарантированная величина перекрытия телескопического соединения,  $\Delta L_{\Pi} \cong 100$  мм.

Фактическая максимальная длина карданного вала по центрам шарниров должна быть больше расчетной:

$$L_{\max.\phi} \geq L_{\max.p}. \quad (8)$$

Таким образом, выбор длины телескопического карданного вала определяется параметрами, приведенными в формуле (4) с учетом условий (6) и (8).

Для трактора МТЗ-80 высота расположения оси хвостовика ВОМ относительно опорной поверхности составляет  $H_0 = 670$  мм. При горизонтальном положении нижней тяги расстояние от торца хвостовика ВОМ до оси шарнира  $b_{0r} = 661$  мм [8, 9]. Длина нижней тяги задней навески  $l_0 = 885$  мм. Высота расположения оси крепления нижней тяги к трактору  $H_T = 495$  мм.

При проектировании навесного консервационного агрегата НКУ-50.3Н получены численные значения параметров: высота оси ВПМ  $H_{\Pi} = 530$  мм; высота оси подвеса  $H_{ш} = 425$  мм; расстояние от торца ВПМ до оси подвеса  $b_{\Pi} = 80$  мм; величина бокового смещения оси ВПМ  $d = 110$  мм.

Для привода компрессора выбран телескопический карданный вал типа К-016 с номинальным крутящим моментом 160 Н·м без защитного кожуха. Длина посадочной вилки карданного шарнира  $l_b = 110$  мм.

Указанные значения параметров трактора и навесного агрегата использованы в расчетах длины карданного вала по центрам шарниров.

По формуле (4) рассчитана длина карданного вала по центрам шарниров  $L_p = 656$  мм; по формуле (5) – минимальная длина вала  $L_{\min.p} = 546$  мм; по формуле (7) – максимальная длина вала  $L_{\max.p} = 756$  мм.

Следует отметить, что в процессе подъема навесного агрегата изменяются вертикальный и боковой углы отклонения карданного вала от оси ВОМ. При этом важно выбрать диапазон высоты подъема, в котором рабочий угол отклонения соответствует техническим условиям работоспособности карданного вала.

Вертикальный угол  $\beta$  (рад) отклонения карданного вала:

$$\beta \approx \operatorname{tg} \frac{L_b}{L_r} = \frac{H_{\Pi} - H_0 + h}{b_{0r} + b_{\Pi} - \frac{0,5(H_{ш} - H_T + h)^2}{l_0} - l_b}, \quad (9)$$

где  $L_b$  – длина проекции карданного вала на вертикальную ось (ось ординат);  $L_r$  – длина проекции карданного вала на горизонтальную ось (ось абсцисс);  $h$  – высота подъема агрегата над площадкой.

Боковой угол  $\gamma$  (рад) отклонения карданного вала при подъеме агрегата:

$$\gamma \approx \operatorname{tg} \frac{L_b}{L_r} = \frac{d}{b_{0r} + b_{\Pi} - \frac{0,5(H_{ш} - H_T + h)^2}{l_0} - l_b}; \quad (10)$$

где  $L_b$  – длина проекции карданного вала на боковую ось (ось аппликат).

По формулам (9), (10) и (1) выполнены расчеты углов отклонения карданного вала при размещении навесного агрегата на опорной поверхности при  $h = 0$ ; получено:  $\angle \beta = -12^\circ$ ,  $\angle \gamma = 9,4^\circ$  и  $\angle \alpha = 15,2^\circ$ . Введением в

формулы (9) и (10) переменной высоты  $h$  получены графические зависимости, отражающие изменение углов отклонения карданного вала в процессе подъема навесного агрегата (рисунок 1).

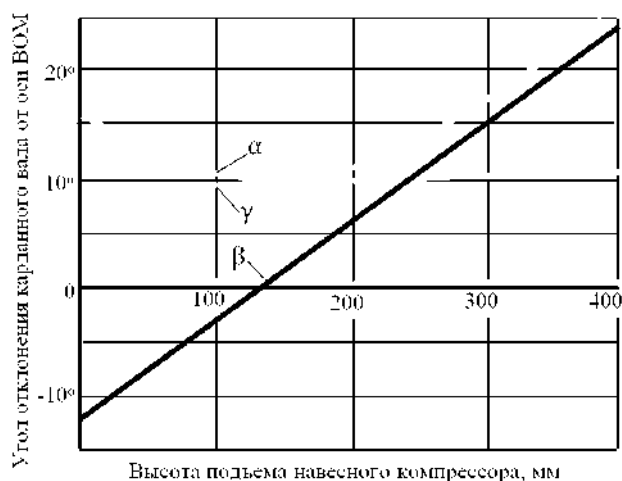


Рисунок 1 – Изменение вертикального  $\beta$ , бокового  $\gamma$  и рабочего  $\alpha$  углов отклонения карданного вала от оси ВОМ при подъеме навесного агрегата

Как видно из графиков, при подъеме агрегата на высоту до 300 мм рабочий угол отклонения карданного вала от оси ВОМ находится в допустимом диапазоне его работоспособности:  $10^\circ \leq \alpha \leq 17,5^\circ$ .

Из каталога продукции завода АО «Аксайкардандеталь» [10] выбран телескопический карданный вал 01.016.6000-07.04 с шарниром КШ-160. Длина вала по центрам шарниров может изменяться от 510 до 760 мм и соответствует искомой длине вала для привода навесного компрессора. Вал обеспечивают передачу крутящего момента на 160 Н·м с частотой вращения до 1000 об/мин и рабочими углами отклонения до  $22^\circ$ . При транспортировке машин в поднятом положении без вращения карданного вала, его рабочий угол отклонения может быть увеличен до  $55^\circ$ .

На практике, в случае отсутствия карданного вала необходимой длины, требуется выполнять работы по уменьшению длины вала, имеющегося в наличии. Например, в снабжающих организациях практически всегда имеется в наличии карданный вал модели Н081.02.200-16 производства АО «Аксайкардандеталь» для привода выгрузного шнека на комбайне ДОН-1500.

Максимальная длина имеющегося карданного вала больше расчетной – ( $L_{\max,ф} = 985 \text{ мм}$ ) > ( $L_{\max,р} = 756 \text{ мм}$ ) и соответствует условию (6) выбора вала по максимальной длине. Так как минимальная длина этого вала больше расчетной ( $L_{\min,ф} = 630 \text{ мм}$ ) > ( $L_{\min,р} = 546 \text{ мм}$ ), то условие (5) выбора вала по минимальной длине не выполняется. В этом случае необходима корректировка длины данного карданного вала.

Потенциал  $\Delta L_k$  уменьшения длины фактического карданного вала определяется неравенством:

$$L_{\max,ф} - L_{\max,р} \geq \Delta L_k \geq L_{\min,ф} - L_{\min,р} \quad (11)$$

Подстановкой в формулу (11) приведенных выше параметров карданного вала Н081.02.200-16 определен потенциал  $\Delta L_k$  уменьшения его длины, который находится в интервале:  $\Delta L_k = 84 \dots 229 \text{ мм}$ .

Доработка карданного вала Н081.02.200-16 выполнена путем замены на трубе посадочной вилки И160 (с отверстием под шпонку) на вилку А160 с 8-ми шлицевым отверстием 36/32 мм под хвостовик ВОМ, а также уменьшением его длины на  $\Delta L_k = 110 \text{ мм}$ .

При уменьшении длины трубы и штока вала на размер  $\Delta L_k = 110 \text{ мм}$ , его минимальная рабочая длина составит ( $L_{\min} = 520 \text{ мм}$ ) < ( $L_{\min,р} = 546 \text{ мм}$ ), а максимальная – ( $L_{\max} = 875 \text{ мм}$ ) > ( $L_{\max,р} = 756 \text{ мм}$ ). Новые параметры рабочей длины дорабатываемого карданного вала соответствуют условиям (6) и (8).

Результаты расчетов использованы при корректировке длины карданного вала Н081.02.200-16 применительно к приводу навесного агрегата НКУ-50.3Н. Ниже приведена последовательность выполнения операций по уменьшению карданного вала до длины:

1. Телескопический карданный вал размыкают на трубу и шток.
2. На трубе от сварочного шва, соединяющего трубу с хвостовиком вилки шарнира, отмеряют отрезок  $\Delta L_k = 110 \text{ мм}$  и наносят риску. Посредством УШМ (болгарки) счищают сварной шов.
3. Трубу снимают с хвостовика вилки шарнира, устанавливают на токарный станок и обрезают по нанесенной риске. Шток обрезают посредством УШМ тоже на  $\Delta L_k = 110 \text{ мм}$ .
4. В трубу с одной стороны вставляют шток, а с другой – хвостовик вилки шарнира. Вилку шарнира поворачивают в трубе и выставляют с вилкой на штоке в одну плоскость.
7. Трубу приваривают к хвостовику вилки шарнира.

На рисунке 2 показаны фотографии карданного вала после корректировки.



Рисунок 2 – Карданный вал Н081.02.200-16 после уменьшения длины

Изготовленный образец агрегата НКУ-50.3Н был навешен на трактор МТЗ-80, ВОМ которого соединили с ВПП агрегата посредством укороченного карданного вала (рисунок 3).



Рисунок 3 – Карданный вал в приводе навесного компрессорного оборудования НКУ-50.3Н

Измеренная рабочая длина карданного вала по центрам шарниров ( $L_{из.} = 664$  мм), оказалась близка к расчётной длине ( $L_p = 656$  мм). Незначительное отличие измеренной длины от расчётной было обусловлено отсутствием регулировки длины верхней тяги в задней навеске агрегирующего трактора.

**Заключение.** В статье приведены выражения для расчета длины телескопического карданного вала, применяемого в приводе навесного консервационного агрегата от ВОМ трактора. Расчетные выражения привязаны к параметрам задней навески трактора и навесного агрегата. Предложен метод оценки параметров телескопического карданного вала на соответствие условиям, ограничивающим его минимальную и максимальную длину. Предложен рациональный способ корректировки длины фактического карданного вала в соответствии с рассчитанными параметрами и рамками ограничивающих условий. Сходимость расчетных и фактических результатов подтверждена практическая ценность предложенного метода определения параметров карданного вала на стадии проектирования навесного агрегата.

#### Литература

1. Vigdorovich V.I., Knyazeva L.G., Tsygankova L.E., Ostrikov V.V., Petrashev A.I. Properties of Petroleum and Synthetic Oils as Bases for Anticorrosion Materials // Chemistry and Technology of Fuels and Oils. 2019. V. 55. No. 4. S. 412-423.
2. Петрашев А.И., Клепиков В.В., Таха Ф.Д. Изменение плотности при нагреве и плавлении компонентов консервационных материалов // Наука в центральной России. 2015. № 2 (14). С. 34-43.
3. Петрашев А.И. Пневматическая установка для нагрева и распыления вязких красок и мастик в условиях АПК // Практика противокоррозионной защиты. 2001. № 4 (22). С. 23-26
4. Петрашев А.И., Клепиков В.В. Технические решения проблемы консервации сельхозмашин вязкой мастикой с подогревом // Наука в центральной России. 2019. № 4 (40). С. 114-122.
5. Навесной агрегат для консервации аграрной техники при пониженных температурах / А.М. Губашева, А.И. Петрашев, Л.Г. Князева, А.Н. Зазуля // Наука в центральной России. 2017. № 1 (25). С. 43-54.
6. Навесной консервационный агрегат: патент 2792553 Российская Федерация / Петрашев А.И. Заявка № 2022118132 от 01.07.2022; опубл. 22.03.2023. Бюл. № 9.
7. Петрашев А.И. Карданный вал в приводе навесного оборудования с боковым смещением вала приема мощности // Техника и оборудование для села. 2023. № 5 (311). С. 10-15.
8. Ксенович И.П., Амелченко П.А., Степанюк П.Н. Тракторы МТЗ-80 и их модификации. М.: Агропромиздат, 1991. 397 с.
9. Беларусь 80.1/82.1/820 Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс]. URL: <https://mtz.ru/novosti/13-rukovodstva/48-belarus-80-1-82-1-820-rukovodstvo-po-ekspluatatsii> (дата обращения 28.08.2023).
10. АО «Аксайкардандеталь». Карданные валы. [Электронный ресурс]. URL: <http://new.kardandetal.ru/> (дата обращения 28.08.2023).

УДК 631.12: 667.661.2

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПИСТОЛЕТА РАСПЫЛИТЕЛЯ ЭЖЕКТОРНОГО ТИПА ПРИ НАНЕСЕНИИ АНТИКОРРОЗИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

В.В. Клепиков, к.т.н.

ФГБНУ ВНИИТиН

г. Тамбов, Российская Федерация

Сельскохозяйственная техника во время эксплуатации подвержена негативному воздействию факторов окружающей среды, что проявляется в виде коррозионных разрушений элементов её конструкции. Такие воздействия наблюдаются при работе с агрессивными веществами удобрений, почвы, влаги, а также при хранении техники в периоды межсезонья. Для снижения вредного воздействия необходимо своевременно проводить замену или ремонт вышедших из строя деталей и обеспечивать качественную защиту от коррозии. [1]

Защита от коррозии выполняется путем нанесения на металлические поверхности защитных покрытий. [2] С завода изготовителя элементы конструкции техники уже имеют лакокрасочное покрытие. Но во время работы оно разрушается. Поэтому ремонтные службы сельскохозяйственных предприятий сталкиваются с проблемой восстановления таких покрытий, или нанесения покрытий из антикоррозионных материалов на время хранения техники. Важной частью этих работ является выбор оборудования для нанесения материалов. Восстановление лакокрасочных покрытий или их замена достаточно широко изучена и возможна для выполнения в условиях ремонтных мастерских сельскохозяйственных предприятий. [3] При этом проблема нанесения антикоррозионных материалов остается во многом неопределенной из-за отсутствия доступного специализированного оборудования для проведения таких работ.

Специфической особенностью антикоррозионных материалов является их вязкость, которая во много раз превышает значения вязкости лакокрасочных материалов. Это осложняет процесс подачи материала в пистолет-распылитель и его распыления при нанесении на труднодоступные места сельскохозяйственной техники. При этом образующиеся покрытия должны быть сплошными, полностью изолирующими элементы конструкции техники от вредного воздействия факторов окружающей среды. [4]

Производители технологического оборудования предлагают наносить антикоррозионные материалы с помощью пневмопистолетов, снабженных воздушно-жидкостными эжекторами [?]. Принципиальная схема пневмопистолета с эжектором для подачи и распыления показана на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема устройства эжекторного пневмопистолета

1 – камера смешения; 2 – приемная камера; 3 – воздушный канал; 4 – канал для ввода автоконсерванта; 5 – воздушное сопло; 6 – распылительное сопло

Пневмопистолет эжекторного типа является устройством с внутренним смешиванием материала и воздуха. Сжатый воздух, подаваемый по воздушному каналу 3, ускоряется в узком сечении воздушного сопла 5 и создает разрежение в приемной камере 2. Под действием разрежения материал засасывается по каналу 4 в приемную камеру 2, где захватывается воздушным потоком. Часть жидкости, попадая в центр воздушного потока, ускоряется, диспергируясь воздухом на капли, и движется по камере смешения 1 в виде аэрозоля. Другая часть жидкости оказывается на периферии воздушного потока, где его скорость меньше, и движется вдоль стенки камеры смешивания. При этом в камере смешения происходит выравнивание давлений потоков воздуха и материала, а кинетическая энергия смеси преобразуется в потенциальную энергию сжатия [8]. На выходе из сужающегося распылительного сопла 6 скорость воздушного потока возрастает. Материал ускоряется и при сходе с кромки сопла разделяется на капли. Соединяясь с воздушным потоком капли консерванта образуют аэрозольный факел распыла. Так как в пистолете с эжектором реализован способ внутреннего смешения, то факел распыла получается грубодисперсным. Степень дробления материала на капли находится в обратной зависимости от сечения распылительного сопла 6 [5].

В продаже предлагаются разнообразные по исполнению пневмопистолеты с эжекторами. Для проведения исследований нами был выбран широко распространенный пневмопистолет для нанесения антигравийных и мовильных составов Voylet PS-5.

Пневмопистолет снабжен круглым соплом диаметром 6 мм и приемной камерой с возможностью её регулировки от минимальной длины до максимальной длины, увеличенной на 20 мм. Снизу расположен патрубок забора материала с крышкой для крепления стандартных евробаллонов на 1,0 л. Использование

запасных баллонов, заранее наполненных антикоррозионным материалом позволяет повысить производительность процесса нанесения. [5]

Так как в устройствах с эжекторами материал для распыления поступает в пистолет под действием разрежения в приемной камере, и возникновение в ней противодавления воздуха может влиять на подачу и расход, нами были проведены исследования по определению давления разрежения и расхода при распылении материалов с разной вязкостью при разном давлении используемого сжатого воздуха.

Общая схема стенда для экспериментов по исследованию технологических параметров пневмопистолета показана на рисунке 2. На первом этапе изучали влияние давления воздуха, подаваемого на распыление (давление распыла), на величину создаваемого давления разрежения (вакуума) в приемной камере пневмопистолета.

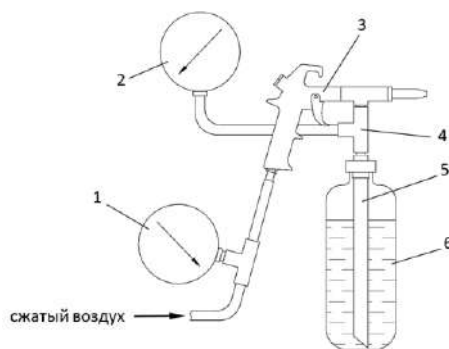


Рисунок 2 – Общая схема стенда для экспериментов по определению параметров эжекторного пневмопистолета: 1 – манометр давления распыла; 2 – вакуумметр; 3 – пневмопистолет; 4 – тройник; 5 – всасывающая трубка с гайкой-крышкой; 6 – емкость с материалом для распыления

Для определения давления разрежения всасывающую трубку 5 вместе с евробаллоном 6 отсоединяли от тройника 4, а отверстие в тройнике 4 закрывали заглушкой. С помощью пневморедуктора с манометром 1 устанавливали давление воздуха на распыл: 100, 200, 300, 400 и 500 кПа. Измерение вакуума выполняли посредством вакуумметра ВП4-У класса точности 1,5 (ГОСТ 2405-80) с ценой деления 2 кПа. На каждом давлении воздуха на распыл делали по 5 измерений вакуума. Величину давления разрежения рассчитывали, как среднее значение из полученных измерений.

Результаты экспериментальных измерений показаны на рисунке 3а.

В эксперименте установлено, что при истечении сжатого воздуха из воздушного сопла в приемной камере пистолета распылителя образуется разрежение, и его величина находится в прямой зависимости от давления распыла.

Сравнительный анализ данных проводили при давлении распыла 400 кПа. Такое давление рекомендуется при распылении консервационных материалов [6]. Поскольку диаметр распылительного сопла не менялся, давление разрежения зависело от длины приемной камеры. Минимальная длина приемной камеры обеспечила разрежение в 41 кПа, максимальная – 32,4 кПа, что на 20 % меньше. Проведенный анализ полученных экспериментальных данных позволяет сделать вывод, что давление разрежения в приемной камере возрастало при увеличении давления распыла и при уменьшении длины приемной камеры.

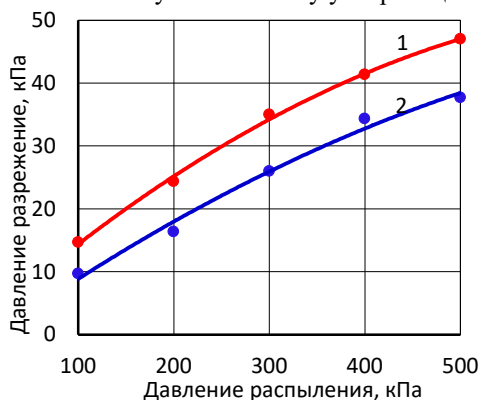
Вторым этапом эксперимента было исследование расхода консервационного материала при распылении. От пневмопистолета 3 отсоединяли тройник 4, и присоединяли всасывающую трубку 5 с гайкой-крышкой, к которой крепили баллон 6 с материалом. Расход определяли в зависимости от давления воздуха на распыл. Для консервационных материалов предварительно определяли вязкость с помощью вискозиметра ВЗ-246 по методике ГОСТ 8420-74. В качестве образцов таких материалов использовали дизельное топливо (вязкость 11 с), смесь отработанного моторного масла с 15 % дизтоплива (вязкость 37 с) и отработанное моторное масло (вязкость 80 с). [7] Исследуемый материал заливали в евробаллон пневмопистолета в объеме 1000 мл. Пневморедуктором устанавливали необходимое давление воздуха на распыл. Пневмопистолет направляли в открытую пластиковую тару и распыляли в течение 20 с. Время распыления контролировали по секундомеру. По истечении этого времени прекращали распыление и замеряли оставшийся в баллоне объем материала. Распыленный объем вычисляли как разность начального и оставшегося объемов. Расход определяли отношением разницы объемов ко времени распыления.

Результаты исследования расхода антикоррозионного материала при распылении показаны на рисунке 3б. Расход материала с вязкостью 11 секунд оказался несоизмеримо большим, и на графике не показан. Использование пневмопистолета для распыления таких материалов не целесообразно. По результатам исследований, расход при распылении в большей мере зависел от регулировки длины приемной камеры, чем от давления распыла. Так, при давлении распыла 400 кПа, расход материала, независимо от его вязкости, возрастал почти в 2 раза при изменении регулировки длины приемной камеры с максимальной на минимальную.

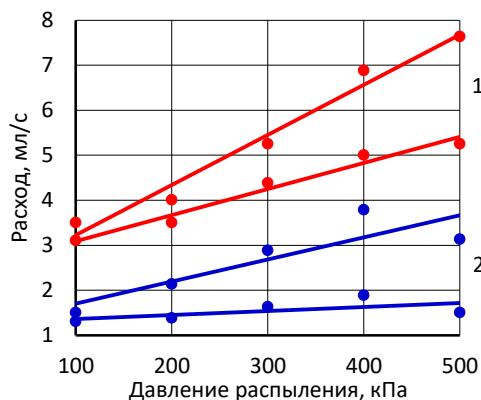


Анализ результатов исследования позволил предложить регулировать длину приемной камеры для распыления материалов средней вязкости (30-40 с ВЗ-4) – на длину меньше средней, для распыления вязких материалов (менее 80 с ВЗ-4) – на минимальную длину. Наблюдения показали, что степень диспергирования была выше на минимальной длине приемной камеры. Визуально установлено, что с увеличением вязкости возрастали размеры капель в факеле распыла, повышалась толщина покрытия и увеличивался расход на 1 м<sup>2</sup> площади поверхности.

При проведении экспериментов по определению расхода с маловязким материалом при минимальной регулировке длины приемной камеры наблюдались пульсация жидкости в баллоне и прерывистость факела распыла. Это свидетельствует о падении давления всасывания из-за повышения противодавления в приемной камере. Рост сопротивления воздушному потоку, вызван сужением сечения камеры смешения при поступлении в нее консервационного материала, а также торможением воздушного потока при передаче части кинетического импульса к потоку ускоряющейся жидкости.



а) Зависимость создаваемого вакуума от давления распыления



б) Зависимость расхода от давления распыла в пределах вязкости материала от 37 с до 80 с;

Рисунок 3 – Результаты экспериментальных исследований.

1 - длина приемной камеры минимальная; 2 – длина приемной камеры максимальная

Для обеспечения стабильности работы и качественного распыления консервантов различной вязкости проведена модернизация пневмопистолета Voylet PS-5, предусматривающая принудительную подачу консерванта в приемную камеру из напорного бака. Взамен всасывающей трубки и гайки-крышки к пневмопистолету прикреплен запорный кран с подпружиненной рукоятью (рисунок 4а). Запорный кран посредством шланга присоединен к напорному баку с консервантом. Подача консерванта в пневмопистолет осуществляется под давлением сжатого воздуха в напорном баке.



а)



б)

Рисунок 4 – Варианты комплектования эжекторного пневмопистолета Voylet PS-5:

а) – пневмопистолет с запорным краном; б) – с гибкой насадкой

В результате проведенной модернизации пневмопистолета Voylet PS-5 изменен способ подачи в него консерванта из эжекторного (подача консерванта за счет всасывания) в инжекторный (подача консерванта под давлением). При этом приемная камера пневмопистолета фиксируется на минимальной длине, обеспечивающей мелкодисперсное распыление консерванта. Чтобы включить пневмопистолет в работу, одной рукой нажимают на его курок и подают в камеру смешения сжатый воздух, а другой – на рукоятку запорного крана и подают консервант. Возможна фиксация курка пневмопистолета во включенном состоянии с постоянной подачей сжатого воздуха, при этом его работой управляют посредством включения и выключения запорного крана. Расход консерванта, степень его диспергирования и производительность нанесения регулируют путем изменения давлений воздуха на его распыл и на выдачу из напорного бака.

Для расширения технологических возможностей по применению пневмопистолета, разработана и изготовлена гибкая насадка (рисунок 4б), которая навинчивается на выполненную резьбовую часть патрубка пневмопистолета. Гибкая насадка предназначена для нанесения консерванта в закрытые полости порогов, лонжеронов и коробов сельскохозяйственных машин, для обработки консервантом труднодоступных узлов.

Применение насадки удаляет факел распыла от зоны дыхания работающего оператора и приближает его к поверхности консервируемого узла. В результате улучшаются условия работы оператора, и снижаются потери консерванта от ветровой нагрузки, воздействующей на факел распыла. Следует учесть, что достаточно большой диаметр проходного отверстия (6 мм) для консерванта позволят исключить засорение пневмопистолета и сбои в его работе. Тем самым обеспечивается высокий уровень технологической надежности процесса пневмонанесения консервационных покрытий на узлы сельхозмашин.

Проведены исследования по оценке влияния конструктивно-технологических параметров на работу эжекторного пневмопистолета Voylet PS-5 при распылении технических жидкостей различной вязкости. Исследованием установлено, что давление разрежения в приемной камере возрастало до 41 кПа при увеличении давления распыла и уменьшении длины приемной камеры, а также при увеличении площади сечения распылительного сопла.

Эксперименты по распылению технических жидкостей показали, что расход жидкости при распылении пневмопистолетом Voylet PS-5 в большей мере зависит от регулировки длины приемной камеры, чем от давления распыла. Так, при давлении распыла 400 кПа, расход жидкости, независимо от ее вязкости, возрастал почти в 2 раза при изменении регулировки длины приемной камеры с максимальной на минимальную. Предложено регулировать длину приемной камеры для распыления консерванта средней вязкости (30-40 с ВЗ-4) – на длину меньше средней, для распыления вязкого консерванта (менее 80 с ВЗ-4) – на минимальную длину. Наблюдения показали, что на минимальной длине приемной камеры степень диспергирования консерванта была выше.

Для обеспечения стабильности работы и качественного распыления консервантов различной вязкости, пневмопистолет Voylet PS-5 переоборудован на их принудительную подачу под давлением из напорного бака. Разработана гибкая насадка к пневмопистолету для нанесения консерванта в закрытые полости, на днище и арки колес, а также для обработки консервантом труднодоступных узлов сельхозмашин.

#### **Литература**

1. Петрашев А.И. Совершенствование технологических процессов и ресурсосберегающих средств консервации сельскохозяйственной техники при хранении: дисс... доктор. техн. наук: 05.20.03 / Петрашев Александр Иванович. – Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова. Саратов, 2007. – 400 с.
2. Петрашев А.И., Князева Л.Г., Клепиков В.В. Технологические решения по консервации сельскохозяйственной техники обработанными моторными маслами // Труды ГОСНИТИ. – 2013. № 2. (Т.112). – С. 61-65.
3. Петрашев А.И. Пневматическая установка для нагрева и распыления вязких красок и мастик в условиях АПК // Практика противокоррозионной защиты. – 2001. № 4 (22). – С. 23-26.
4. Князева Л.Г., Прохоренков В.Д., Остриков В.В., Чернышова И.Ю. Разработка консервационных материалов на основе обработанных масел // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2002. № 10. – С. 38-40.
5. Петрашев А.И. Оборудование для противокоррозионной защиты техники // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010. № 5. – С. 31-33.
6. Петрашев А.И. Условия применения технических средств при консервации сельхозмашин // Техника в сельском хозяйстве. – 2003. № 1. – С. 27-29.
7. Вигдорович В.И., Князева Л.Г., Цыганкова Л.Е., Остриков В.В., Петрашев А.И. Исследование свойств нефтяных и синтетических масел как основы противокоррозионных материалов // Химия и технология топлив и масел. – 2019. № 4 (614). – С. 35-41.

УДК 620.193.2

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ НИЗКОЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ**

**С.М. Ветрова**, аспирант, **А.С. Барчукова**, аспирант  
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,  
г. Москва, Российская Федерация

**Введение.** Сплавы на основе железа обладают рядом высоких механических свойств и сравнительно недороги в производстве, поэтому они получили наиболее широкое применение во всех отраслях промышленности. Производство углеродистых и низколегированных сталей составляет около 70% от выпуска всех вместе взятых металлических материалов.

В последние годы наблюдается тенденция к увеличению использования низколегированных сталей с небольшим (2-3% в совокупности) содержанием хрома, никеля, марганца, меди и кремния. Применение таких сталей позволяет существенно уменьшить металлоемкость конструкций и сооружений, трудоемкость, потребление энергии, улучшить технические характеристики объектов техники.

Однако эти материалы обладают невысокой коррозионной стойкостью в большинстве природных и промышленных сред и требуют применения соответствующих мер по защите от коррозии. [1]. Поэтому

большой интерес представляет изучение коррозионной стойкости сталей, как основного конструкционного материала, работающего в специфических условиях сельского хозяйства.

**Материалы и методы.** Для исследования коррозионной стойкости были взяты стали широко применяемые в сельскохозяйственном машиностроении стали и образец разрабатываемой низколегированной стали 1\* представленные в табл.1.

Таблица 1-Химический состав сталей, широко применяемых в сельском хозяйстве [3]

Марка стали	Массовая доля, %								
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	Nb	Ti
45	0,42 - 0,50	0,17 - 0,37	0,50 - 0,80	≤ 0,25	-	-	-	-	-
30ХГСА	0,28 - 0,35	0,90 - 1,20	0,80 - 1,10	0,80 - 1,10	-	-	-	-	-
65Г	0,62 - 0,70	0,17 - 0,37	0,90 - 1,20	≤ 0,25	≤ 0,25	-	-	-	-
1*	0,41	0,58	1,36	1,30	-	0,63	0,12	0,05	0,04

Одни и те же стали могут быть коррозионно устойчивы в одних условиях и сильно корродировать в других. Поэтому для их сравнения введено понятие относительной коррозионной стойкости, равной отношению скорости коррозии эталонного образца к скорости коррозии испытуемого. В качестве контрольного образца была взята конструкционная сталь 45.

Опыты проводили в камере соляного тумана КСТ-18/001 по методу ускоренных коррозионных испытаний согласно ГОСТ 9.308-85. Сущность метода заключается в ускорении коррозионного процесса повышением относительной влажности воздуха и температуры без конденсации влаги.

Порядок проведения опыта состоял из следующих последовательных действий:

1. Образцы размером 50x30x5 мм взвешивали на аналитических весах и подвешивали вертикально в камере на полимерных стяжках. Установив температуру в камере (40±2) °С.

2. Выдерживали образцы в камере при заданной температуре в течение времени, достаточного для их прогрева.

3. После прогрева образцов до заданной температуры задавали относительную влажность воздуха (93±3) %. Продолжительность испытаний составила 48 часов согласно п.1.6.4. ГОСТ 9.308-85.

**Результаты и обсуждения.** В зависимости от характера коррозионной среды, на коррозионную стойкость сталей влияют компоненты, входящие в состав сталей (хром, никель, титан и молибден). Полученные данные по коррозионной стойкости, свидетельствуют о том, что стойкость разрабатываемой стали выше стойкости сталей 30ХГСА и 65Г на 50% (табл.2).

Таблица 2 - Результаты испытаний на коррозионную стойкость

№ п/п	Масса до испытаний, г	Масса после испытаний, г	Потеря массы, г	Скорость коррозии (г/м <sup>2</sup> *ч)	Относительная коррозионная стойкость
Сталь 45	89,8588	89,8231	0,0357	0,1738	-
30ХГСА	87,4871	87,4325	0,0546	0,2658	0,6538
65Г	87,6982	87,6480	0,0502	0,2444	0,7111
1*	91,9440	91,9194	0,0246	0,1197	1,4519

Примечание: 1\* - образец разрабатываемой стали 0,41C-0,58Si-1,36Mn-1,30Cr-0,63Mo-0,12V-0,05Nb-0,04Ti

Наиболее сильно пассивирующим компонентом металлов является хром. Он находится в твердом растворе с железом, и чем больше хрома, тем легче наступает пассивность сплава (решающее значение имеет количество хрома в сплаве, которое находится в твердом растворе, за вычетом хрома, связанного в карбиды). С повышением содержания хрома в разрабатываемой стали до 1,30 % Cr, ее стойкость относительно сталей 30ХГСА с содержанием 0,8 - 1,1 % Cr и 65Г - до 0,25 %Cr выше на 50%.

Легирующими компонентами, обеспечивающими коррозионную стойкость кроме хрома, являются еще никель, титан и молибден. Никель, а также его сплавы с хромом пассивируются и становятся стойкими при работе в агрессивных средах, что особенно важно для сельского хозяйства. Добавка 0,63% Мо повышает сопротивление ползучести, а добавка 0,04% Ti и 0,05 Nb уменьшает хрупкость сварных швов вследствие связывания углерода в устойчивые карбиды [2]. Кроме того, в литературе имеются данные о незначительном влиянии марганца на коррозионную стойкость [4].

**Выводы.** Результаты проведенного исследования позволяют сделать вывод, что коррозионная стойкость разрабатываемой стали выше стойкости конструкционных сталей за счет добавления легирующих компонентов, позволяющих образовывать на поверхности пассивирующие пленки, препятствующие образованию коррозии. Наибольшее влияние на коррозионную стойкость оказывает хром увеличивая ее стойкость на более чем на 50 %.

#### Литература

1. Износостойкость низколегированных сталей в абразивной среде / М. Н. Ерохин, С. М. Гайдар, Д. М. Скороходов [и др.] // *Агроинженерия*. – 2023. – Т. 25, № 3. – С. 72-78. – DOI 10.26897/2687-1149-2023-3-72-78.

2. Бахвалов, Григорий Тихонович. Коррозия и защита металлов [Текст] / Г. Т. Бахвалов и А. В. Турковская. - Москва: изд-во и тип. Металлургиздата, 1947. - 400 с.
3. Фролов К.В. (гл. ред.) Машиностроение. Том II-2. Стали, Чугуны — 780 с, Энциклопедия/Ред. совет: К. В. Фролов (пред.) и др. — / В. В. Мухин Г. Г. Беляков А. И. Александров Н. Н. и др.; Под общ. ред. О. А. Банных Н. Н. Александрова. Т. II-2 Стали, Чугуны.
4. Износ деталей сельскохозяйственных машин / под ред. д-ра техн. наук проф. М. М. Севернева. - Ленинград: Колос. [Ленингр. отд-ние], 1972. - 288 с.

УДК 620.197

## О КРИТЕРИЯХ ПРОТИВОКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Л.Г. <sup>1</sup>Князева, д.х.н., Н.А. <sup>1</sup>Курьято, м.н.с., А.В. <sup>1</sup>Дорохов, к.х.н., А.М. <sup>2</sup>Губашева, к.т.н.

<sup>1</sup>ФГБНУ ВНИИТиН

г. Тамбов, Российская Федерация

<sup>2</sup>Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана

Республика Казахстан г. Уральск

**Введение.** Сельскохозяйственная техника и оборудование подвергаются атмосферной коррозии в период эксплуатации и хранения во время временного неиспользования. Для поддержания сельскохозяйственной техники и оборудование в рабочем состоянии требуется надежная противокоррозионная защита. Наиболее эффективна в этом плане ингибиторная защита (ИЗ)[1-5]. Для правильного заключения об ее эффективности важна корректная оценка состояния поверхности металла до и после нанесения защитного покрытия. Среди множества критериев для оценки эффективности ингибиторной защиты используют: интегральные, определяющие коррозионный эффект; дифференциальные – скорость коррозии; показатели коррозионной стойкости.

Для сравнительной оценки коррозионной стойкости сталей в различных условиях разработан целый ряд международных и отечественных стандартов. Так в ISO 15156 предлагаются методы оценки по результатам лабораторных испытаний и на основании опыта эксплуатации в реальных условиях. Лабораторные испытания дешевле и быстрее, опыт эксплуатации в реальных условиях – дорог и рискован с точки зрения потери техникой и оборудованием надежности, но более объективен. Критерии оценки эффективности ИЗ напрямую связаны с методами исследования коррозионных поражений, что отражено в ряде отечественных стандартов (таблица 1).

В конструкциях сельскохозяйственной техники и оборудования широко применяется тонколистовая сталь, для которой характерна сплошная равномерная коррозия в атмосферных условиях, для оценки которой могут использоваться массовые, глубинные, объемные количественные критерии, каждый из которых достаточно информативен.

Одним из наиболее распространенных массовых критериев в случае равномерной коррозии при лабораторных испытаниях является величина скорости коррозии ( $K$ , г/(м<sup>2</sup> ч) металла при введении ИК в коррозионную среду, определяемая через изменение массы металла в единицу времени, отнесенная к единице поверхности.

$$K = \frac{m_0 - m_1}{m_0 S \tau}, \quad (1)$$

где  $m_0$ - масса образца до испытаний, кг;  $m_1$ - масса образца после испытаний и удаления продуктов коррозии, кг;  $S$  - площадь поверхности образца,  $\tau$  - время коррозионного процесса, ч.

Площадь поверхности плоской металлической пластины в этом случае определяют по формуле:

$$S = 2 \left[ \left( ab - \frac{\pi d^2}{4} \right) + h \left( a + b + \frac{\pi d}{2} \right) \right] \quad (2)$$

где  $a$ – длина образца, м;  $b$ – ширина образца, м;  $h$ – толщина образца, м;  $d$ – диаметр отверстия, м.

Указанный выше критерий плохо применим на практике, так как технику и оборудование невозможно взвесить с достаточной точностью. Из положения выходят, располагая на технике и оборудовании лабораторные образцы – свидетели и изменение массы в результате коррозии фиксируют на них.

Со скоростью коррозии неразрывно связаны величина коэффициента торможения –  $\gamma$  (раз) и величина защитной эффективности ИК –  $Z$  (%), определяемые по формулам (3,4):

$$\gamma = K_0 / K_{\text{и}} \quad (3)$$

$$Z = \frac{K_0 - K_{\text{и}}}{K_0} \cdot 100 \%, \quad (4)$$

где  $K_0$  и  $K_{\text{и}}$  – скорости коррозии металла в отсутствие и при наличии ИК в системе, соответственно.

Эти критерии взаимосвязаны (5):

$$\gamma = \frac{1}{1 - Z / 100}, \quad (5)$$

что отражено в таблице 2.

Таблица 1 -Методы исследования и критерии эффективности ИЗ

ГОСТ		Методы	Критерии эффективности ИЗ
Номер	Название		
9.054-75	«Консервационные масла, смазки и ингибированные пленкообразующие нефтяные составы»	Ускоренные испытания, связанные с выдерживанием металлических образцов с покрытием в условиях повышенной относительной влажности воздуха и температуры без конденсации влаги (КВ), с периодической или постоянной КВ, при воздействии сернистого ангидрида с периодической КВ, в атмосфере солевого тумана, в растворе электролита, определение способности масел вытеснять бромистоводородную кислоту	- визуальная площадь коррозионного разрушения за определенное время испытаний или по времени появления первого коррозионного очага; - изменение цвета и блеска поверхности металлической пластины визуально или по изменению отражательной способности (ГОСТ 9.308-85)
9.908-85	Металлы и сплавы. Методы определения показателей коррозии и коррозионной стойкости	Количественные, полуколичественные (балльные) и качественные	время достижения заданной (допустимой) степени коррозионного поражения в определенных условиях
9.506-87	Ингибиторы коррозии металлов в водно-нефтяных средах	Электрохимический (метод поляризационных кривых), гравиметрический	- плотность коррозионного тока; - защитная способность ИК
9.509-89	Средства временной противокоррозионной защиты. Методы определения защитной способности	Электрохимические для сравнительной экспресс-оценки и предварительной качественной оценки степени защиты. Имитационные для оценки защитной способности в условиях, имитирующих реальные условия хранения и транспортировки	вид и степень поражений образцов (качественным и полуколичественным методом)
9.514-99	Ингибиторы коррозии металлов для водных систем. Электрохимический метод определения защитной способности	Метод лабораторных коррозионных испытаний путем измерения скорости коррозии с помощью индикатора поляризационного сопротивления	-коэффициент торможения коррозии; -степень защиты
9.106-2021	Единая система защиты от коррозии и старения. Коррозия металлов. Термины и определения.	Коррозионные. Лабораторные, натурные (полевые), эксплуатационные, ускоренные, ресурсные с целью определения срока службы покрытия	- ток (коррозионный, защитный, пассивации); -потенциалы (активации, начала пассивации, перепассивации, питингообразования); -защитная концентрация ИК; - степень защиты

Таблица 2 – Сравнение показателей Z и γ

Показатель	Значение													
	20	30	40	50	60	70	80	90	95	98	99	99,5	99,9	
Z, %	20	30	40	50	60	70	80	90	95	98	99	99,5	99,9	
γ, раз	1,2	1,5	1,7	2,0	2,5	3,3	5	10	20	50	100	200	1000	

В ГОСТ 9.106-2021 (таблица1) в качестве критерия оценки эффективности ИЗ предлагается плотность электрического тока, коэффициент торможения коррозионного процесса в этом случае равен (6):

$$\gamma = \frac{i_0}{i_1} \quad (6)$$

где  $i_0$  и  $i_1$  – скорости коррозии металла в отсутствие и при наличии ИК в системе, соответственно

Для сплошной коррозии, протекающей с постоянной скоростью, могут использоваться, как критерии ИЗ, время до уменьшения массы на единицу площади на допустимую величину ( $t_m$ , год) и время проникновения на допустимую глубину  $l$ , ( $t_l$ , год) определяемые по формулам (7):

$$\tau_m = \frac{\Delta m}{v_m}; \quad \tau_l = \frac{\Delta l}{v_l}, \quad (7)$$

где  $v_m$ - скорость убыли массы, кг/м<sup>2</sup>-год;  $v_l$ - линейная скорость коррозии, м/год.

При допущении в случае сплошной коррозии, что изменение массы образца прямо пропорционально глубине проникновения коррозии, массовый показатель можно перевести в глубинный ( $\Pi$ ), который для стали имеет вид (8):

$$\Pi = \frac{K_{и,8760}}{7,87} \cdot 10^{-3} = 1,1131K_{и} \quad (8)$$

где  $\Pi$ - глубинный показатель скорости коррозии (проницаемость металла), мм/год; 8760 – количество часов в году; 7,87 – плотность железа, г/см<sup>3</sup>.

Иначе  $\Pi$  можно выразить через изменение массы образца:

$$\Pi = 8,76 \cdot \Delta m / \rho \quad (9)$$

где  $\Delta m$  – потеря массы металла или сплава при коррозии,  $\rho$  – плотность металла

Объемный показатель, равный объему поглощенного кислорода или выделившегося водорода в ходе процесса на единице поверхности за единицу времени при оценке эффективности ИЗ сельскохозяйственной техники на практике, как правило, не используется из-за его большей сложности.

Очевидно, что, с одной стороны,  $K$ ,  $Z$  и  $\Pi$  - важные технологические критерии, которые необходимо учитывать при выборе ИЗ на практике. Но, с другой стороны, они напрямую зависят от концентрации используемого ИК. Стоимость ИК на рынке непрерывно растет, поэтому, чем в меньшей концентрации ИК обеспечивает нужную защитную эффективность, тем это более экономически выгодно. Не секрет, что многие ИК токсичны. Так, большинство высокоэффективных маслорастворимых ингибиторов коррозии аминного типа относятся ко второму и третьему классу опасности, поэтому, чем меньшая концентрация ИК требуется для эффективной противокоррозионной ИЗ, тем это лучше и с экологической точки зрения. В результате, минимальная концентрация ИК, обеспечивающая определенный уровень его защитной эффективности, также может служить критерием для оценки эффективности ИЗ. Но тут возникают вопросы с тем, какой уровень ИЗ следует задавать, чтобы, наряду с высокой защитной эффективностью в конкретных условиях, учесть экономические факторы.

Стоимость ИЗ складывается из стоимости используемых материалов и оборудования для их нанесения, стоимости трудовых затрат, связанных с осуществлением технологического процесса и стоимости амортизационных расходов. На уровень ИЗ влияет амортизационный срок службы сельскохозяйственного оборудования и техники. Вообще сельскохозяйственная техника и оборудование относятся к 5 группе с амортизационным сроком от 7 до 10 лет. Считается, что срок службы лакокрасочных покрытий, которые обычно используют для новой техники, не превышает 3 лет. Чтобы обеспечить амортизационный срок службы техники и оборудования теоретически достаточно ИК, обеспечивающих  $Z \sim 70\%$  и совсем не обязательно выдвигать требование к ингибиторам о защитной эффективности не менее 90%. Чаще всего более высокой защитной эффективностью обладают более дорогие ИК, но все это очень условно, и с каждым случаем нужно разбираться отдельно непосредственно в условиях эксплуатации. Нужно учитывать, что сельскохозяйственную технику и оборудование часто эксплуатируют и за пределами амортизационного срока службы.

В работе [6] был предложен технико-экономический критерий эффективности ИЗ (10):

$$C_{ИК}/Z \rightarrow \min, \quad (10)$$

где СИК – удельная стоимость ингибированного материала, руб/кг,

$Z$  – рациональная защитная эффективность, обеспечивающая необходимую долговечность материала.

На основе многолетних наблюдений предложено уравнение регрессии для скорости коррозии стальных деталей:

$$K = 0,78 H + 1,22 T + 0,173[Cl] + 0,3[SO_2] - 52,68, \quad (11)$$

где  $H$  -средняя годовая относительная влажность, %,

$T$  – средняя годовая температура, °С,

$[Cl]$  – средняя годовая концентрация хлоридов, мг/м<sup>3</sup>,

$[SO_2]$  - средняя годовая концентрация диоксида серы, мг/(м<sup>3</sup> сут).

Интересны комплексные оценки технико-экономической эффективности применения ингибированных материалов [6]. Путем сложения оценок по десятибалльной системе по ряду показателей (стойкость к различным реагентам, стоимость, массу, прочность, физическую стойкость и теплостойкость) определяют суммарный балл, характеризующий технико-экономическую эффективность материала.

Авторы работы [7] предлагают оценивать эффективность ИК методом математического планирования. В качестве факторов многофакторного эксперимента используют концентрации ИК и солей растворяющегося металла, температуру. Оценивали статистическую значимость коэффициентов в уравнении регрессии по методу наименьших квадратов, проверяли, используя критерии Стьюдента, а адекватность модели оценивали по критерию Фишера. Этот метод не потерял своей актуальности и сегодня.

Методами статистического моделирования предлагают прогнозировать сроки службы консервационных материалов в работе [8] на основе исследований кинетики поверхностных коррозионных поражений стали в разных климатических зонах, выявлении и оценке главных атмосферных факторов, ускоряющих этот процесс. По модели кинетической кривой строили такие критерии защитной эффективности консервационных материалов как время достижения определенного порога критического поражения поверхности, площадь коррозионного поражения (S) для заданного момента времени, коэффициент торможения  $\gamma$ . Все эти критерии могут быть использованы в виде точечных оценок и доверительных интервалов.

Существует удельно-стоимостной критерий эффективности ингибиторной защиты, руб /м<sup>3</sup>, показывающий, сколько стоит ингибиторная защита единицы площади защищаемой поверхности [7].

Интересен подход, связывающий защитную эффективность, определенную в лабораторных условиях с промышленной оценкой ИК, предложенный в работе [9], отраженный в данных таблицы 3.

Таблица 3 – Критерии оценки эффективности ИК

Лабораторные условия	Промышленная оценка ИК			
	слабо	средне	хорошо	отлично
Z, %	$\geq 90$	$75 \leq Z < 90$	$50 \leq Z < 74$	$< 50$

С эколого-токсикологическими критериями ИЗ все достаточно сложно, так как далеко не всегда известны значения ПДК, которые используются при расчете предотвращенного экологического ущерба от использования ИЗ. В качестве экспрессной интегральной оценки токсичности в [9] предложено использовать критерии биохимического (БПК) и химического (ХПК) потребления кислорода в растворах с ИК.

Частная собственность не способствует учету противокоррозионных свойств конструкционных материалов на стадии проектирования и разработки техники и оборудования, проведению дорогостоящих противокоррозионных мероприятий при ее эксплуатации структурами технического сервиса предприятий-изготовителей, сохранению основных фондов, оптимизации затрат на противокоррозионную защиту. Технику эксплуатируют в разных регионах, сокращая сроки хранения в период неиспользования, иногда вообще не проводя противокоррозионных мероприятий. На первое место обычно выходит не обеспечиваемая защитная эффективность ИЗ, а минимизация затрат.

Локальная коррозия, как правило опасней сплошной равномерной, но в сельскохозяйственном производстве на нее меньше обращают внимания из-за сложности оценки на больших металлических поверхностях, к тому же с ней сложнее бороться. При возникновении таких типов коррозии (местной пятнами, питтинговой, точечной, межкристаллитной, растрескивающей, подповерхностной и т.д.) требуются специфичные критерии оценки эффективности ИЗ. Как указано в ГОСТ 9.908-85 для местной коррозии пятнами, диаметр которых больше глубины прокорродировавшего металла, например, подходит критерий степени поражения поверхности (%), определяемой через отношение суммы поверхностей пятен к общей площади образца. В этом случае одного показателя недостаточно, требуется еще определять глубину поражения металла. Аналогично, в случае питтинговой коррозии актуальны одновременно три критерия (степень поражения поверхности, максимальная глубина проникновения, максимальный размер поперечника питтинга). В случае межкристаллитной коррозии и коррозионного растрескивания глубинного критерия проникновения коррозионного поражения недостаточно, необходимо использовать критерии, характеризующие снижение механических свойств.

Среди количественных методов оценки эффективности ИЗ перспективны электрохимические, потому что они не занимают много времени, позволяют оценить процессы коррозионного разрушения под покрытием без его разрушения. Коррозия, к тому же, протекает чаще всего по электрохимическому механизму, поэтому электрохимические методы позволяют наиболее точно описать коррозионные процессы. К наиболее простым электрохимическим методам относится измерение электрохимического потенциала (E) металла, по значению которого, совместно с pH среды по диаграммам Пурбе можно судить о том, находится ли металл в пассивном состоянии или активно растворяется. Привлекают экспрессностью, простотой аппаратного оформления достаточно информативные методы снятия поляризационных кривых – зависимостей анодного и катодного тока от потенциала. В упомянутом выше ГОСТ 9.506-87 (таблица 1), в частности, описывают потенциодинамический и гальваностатический варианты этого метода. В [10] с помощью потенциометрии по промежутку времени от начала испытаний до найденного экстраполяцией момента пробоя, определяют срок службы покрытия. В ГОСТ 9.509-89 (таблица 1) предлагают ряд электрохимических испытаний:

- с помощью полярографа при выдерживании металла в парах ИК:

$$Z = \Delta h / \tau, \quad (12)$$

где  $\Delta h$  - разность амплитуд волн поляризационной кривой без ИК и поляризационной кривой стационарного вида с ИК, мм;

$\tau$  - время выдержки электрода в парах ИК до достижения поляризационной кривой стационарного вида, мин;

- измерением сопротивления (R, Ом) и емкости (C, Ф) образцов в растворе NaCl при различных частотах переменного тока:

$$R = \frac{R_{изм.} [1 + (2\pi f)^2 \cdot C_{изм.}^2 \cdot R_{изм.}^2]}{(2\pi f)^2 \cdot C_{изм.}^2 \cdot R_{изм.}^2}, \quad C = \frac{C_{изм.}}{1 + (2\pi f)^2 \cdot C_{изм.}^2 \cdot R_{изм.}^2} \quad (13)$$

где  $f$  - частота переменного тока, Гц;

$R_{изм.}$  - измеренные значения сопротивления при каждой частоте тока, Ом;

$C_{изм.}$  - измеренные значения емкости при каждой частоте тока, Ф.

Метод поляризационного сопротивления, основанный на принципе Стерна-Гири (ГОСТ 9.514-99, таблица 1) предполагает, что вблизи стационарного потенциала зависимость между плотностью тока ( $i$ ) и сдвигом потенциала  $\Delta E$  прямолинейна:

$$R_n = \frac{\Delta E}{i} \quad (14)$$

где  $R_n$  - поляризационное сопротивление,  $\Delta E$  – сдвиг потенциала от стационарного значения в катодном или анодном направлении, не превышающий 25 мВ. Плотность коррозионного тока:

$$i_{кор} = \frac{b_k b_a}{2,3(b_k b_a)} \cdot \frac{1}{R_n}, \quad (15)$$

где  $b_k$  и  $b_a$  – тафельские наклоны катодного и анодного процессов.

Коррозиметр «Монитор-2М» реализует на практике метод Стерна-Гири.

В работе [11] предложено определять характер защитного действия ИК путем сравнения катодных и анодных граничных сопротивлений и соответствующих сдвигов потенциала стального электрода от стационарного значения. Коррозионную стойкость металлов можно оценивать импедансным методом [12], основанном на измерении электрической емкости и сопротивления металла под пленкой защитного покрытия, погруженного в электролит при наложении на систему переменного тока. В работах [12,13] описывают систему металл — защитное покрытие — электролит с помощью стационарных потенциалов, поляризационных характеристик, омического сопротивления, емкости, скорости диффузии и т. п., как электрохимически активную систему. Выявлено, что, если при введении ИК защитная способность возрастает, то величина  $Z$  определяется свойствами не только ИК, а защитной системы «фазовая пленка — ингибитор», в целом». Методом определения поляризационного сопротивления можно оценить вклад каждой из составляющих такой системы [9, 12,13] в режиме реального времени.

Целью данной работы является изучение эффективности противокоррозионной защиты стали Ст3 композициями на основе ингибированного моторного масла методом поляризационного сопротивления.

**Основная часть.** Исследовали композиции на основе индустриального И-20А, моторного М10Г<sub>2</sub>к, свежего и отработанного (ММО) масел и комбинированных ИК CortecVpCI-368 и Cortec VpCI-369 [14,15]. При измерениях методом поляризационных кривых покрытия на стали предварительно формировались в течение суток. Рассмотрим отдельно зависимости изменения скорости коррозии во времени незащищенной стальной поверхности, защищенной только маслом, защищенной ингибированным маслом (рисунки 1 - 2).

Как следует из рисунка 1 в первые 24 часа скорость атмосферной коррозии углеродистой стали 0,8кп невелика за счет защитного действия, сформированной на поверхности металла воздушно-оксидной пленки (рисунок 1, кривая 1). Затем при абсорбции пленкой влаги, видимо, меняется структура поверхностной пленки и снижается ее защитная способность ( $Z$ ), что приводит к систематическому повышению скорости коррозии.

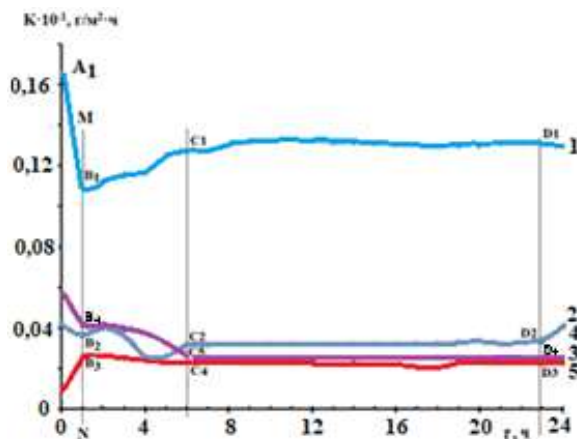


Рисунок 1 – Изменение скорости коррозии во времени: 1 – Фон, 2 – И20А; 3 - М10Г<sub>2</sub>к, 4 – ММО



Введем точки  $A_1, B_1, C_1, D_1$  на кривой 1. Точка  $A_1$  – начало отсчета протекания коррозионного процесса, для этого момента времени ( $\tau_{A1}$ ) скорость коррозии будет  $K_{A1}$ . Величины защитной эффективности к моментам времени  $\tau_{B1}, \tau_{C1}$  и  $\tau_{D1}$  могут быть рассчитаны из зависимостей:

$$Z_{B1} = (K_{A1} - K_{B1})/K_{A1}, \quad (16)$$

$$Z_{C1} = (K_{A1} - K_{C1})/K_{A1}, \quad (17)$$

$$Z_{D1} = (K_{A1} - K_{D1})/K_{A1} \quad (18)$$

На участке  $A_1B_1$  скорость коррозии быстро снижается во времени за счет образования поверхностных твердофазных оксидных образований. На участке  $C_1D_1$  вблизи  $\tau_C$  величина  $dK/dt$  существенно снижена, либо вообще стремится к нулю, когда достигается стационарное состояние защитной пленки вблизи  $\tau_D$ . Таким образом, твердофазная защитная пленка характеризуется вполне определенной величиной  $Z_D$ .

Нанесение на поверхность корродирующей стали пленок исследуемых масел приводит к снижению скорости коррозии (рисунок 1, кривые 2-5) и, соответственно, возрастанию  $Z$  системы «твердофазная пленка-масло». Принимаем, что вклад твердофазной пленки (ТФП) сохраняется без изменения в присутствии масла. Защитная эффективность твердофазной защитной пленки ( $Z_B, Z_C$  и  $Z_D$ ) оценена по данным кривой 1 рисунка 1.

$$Z_{\Sigma,B} = Z_B + Z_{B,M}, \quad (19)$$

$$Z_{\Sigma,C} = Z_C + Z_{C,M}, \quad (20)$$

$$Z_{\Sigma,D} = Z_D + Z_{D,M}. \quad (21)$$

Для масла к моментам  $\tau_B, \tau_C$  и  $\tau_D$  имеем:

$$Z_{B,M} = (K_{B1} - K_{B2})/K_{A1}, \quad (22)$$

$$Z_{C,M} = (K_{C1} - K_{C2})/K_{A1}, \quad (23)$$

$$Z_{D,M} = (K_{D1} - K_{D2})/K_{A1}. \quad (24)$$

Полученные данные для исследуемых масел отражены в таблице 4.

Таблица 4 – Защитная эффективность бимодальной системы «ТФП -масло» по данным рисунка 1

Масло	Защитная эффективность (Z), %								
	ZB1	ZC1	ZD1	ZB, M	ZC, M	ZD, M	ZΣ, B	ZΣ, C	ZΣ, D
И20-А	34,1	24,8	21,7	44,2	57,3	58,1	91,4	82,1	79,8
ММО	34,1	24,8	21,7	50,0	60,8	62,7	84,1	85,7	84,5
М10Г <sub>2</sub> К	34,1	24,8	21,7	46,0	60,8	60,8	80,1	85,6	82,5

Как следует из представленных результатов, к 24 часам экспозиции максимальный вклад в суммарный защитный эффект обеспечивают пленки ММО, причем  $Z$  приблизительно одинакова через 1 час, и через 23 часа.

В случае масел, ингибированных CortecVpCI-368 (1) и Cortec VpCI-369 принимаем аддитивное действие всех трех компонентов системы: твердофазная пленка (ТФП) - неингибированное масло (НМ) -ИК.

$$Z_{\Sigma} = Z_{ТФП} + Z_{НМ} + Z_{ИК} \quad (26)$$

На рисунке 2 приведены зависимости изменения скорости коррозии для ингибированного И-20А в первые 24 часа. В таблице 4 приведены данные о вкладах компонентов. Максимальный вклад ИК в общую  $Z$  наблюдается при их концентрации 3 масс.%. Защитный эффект 3 масс. % ИК ко времени в точке В можно рассчитать из зависимости:

$$Z_{B,ИК} = (K_{B2} - K_{B3})/K_{A1}, \quad (27)$$

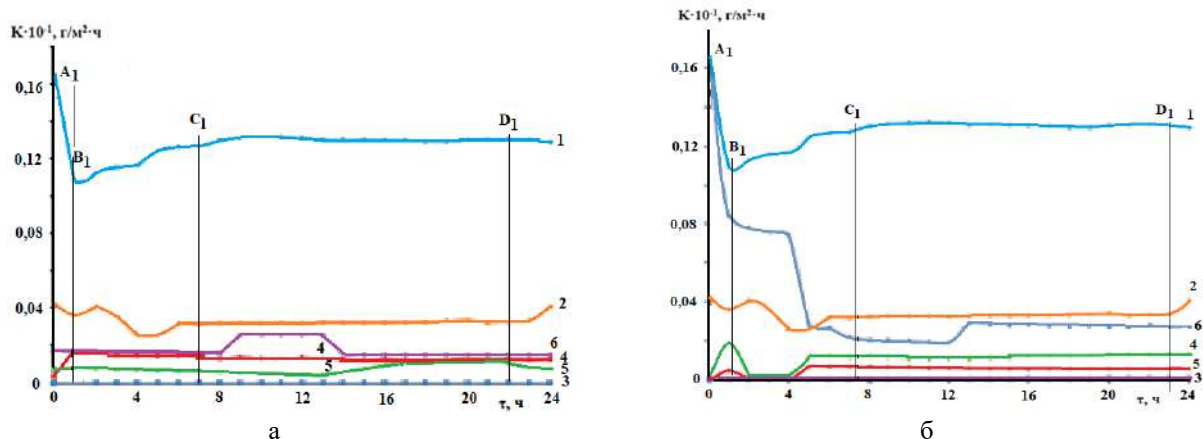


Рисунок 2 – Изменение во времени скорости коррозии И-20А, ингибированного CortecVpCI-368 (а) и Cortec VpCI-369 (б) в концентрации, масс. %: 1 – 0 (фон), 2 – 0 (И-20А); 3 – 3; 4 – 5; 5 – 7; 6 – 10

Таблица 3 – Защитная эффективность «ТФП – И-20А – ИК» по данным рисунка 2

**«Энерго- и ресурсосбережение в системе машиноиспользования и технического сервиса, эффективное использование топливно-смазочных материалов и защита техники от коррозии»**

С <sub>ИК</sub> , мас. с. %	Защитная эффективность (Z) композиций с CortecVpCI-368/ CortecVpCI-369, %											
	ТФП			НМ			ИК, Z <sub>ИК</sub>			Суммарный защитный эффект		
	Z <sub>В1</sub>	Z <sub>С1</sub>	Z <sub>Д1</sub>	Z <sub>В,М</sub>	Z <sub>С,М</sub>	Z <sub>Д,М</sub>	Z <sub>В,ИК</sub>	Z <sub>С,ИК</sub>	Z <sub>Д,ИК</sub>	Z <sub>Σ,В</sub>	Z <sub>Σ,С</sub>	Z <sub>Σ,Д</sub>
0	34/34	25/25	22/22	44/44	57/57	58/58						
3	34/34	25/25	22/22	44/44	57/57	58/58	22/22	18/17	20/20	~100/ ~100	~100/ ~99	~100/ ~100
5	34/34	25/25	22/22	44/44	57/57	58/58	12/11	11/12	13/13	90/89	93/94	93/93
7	34/34	25/25	22/22	44/44	57/57	58/58	16/19	15/15	13/17	94/97	97/97	93/97
10	34/34	25/25	22/22	44/44	57/57	58/58	12/-29	10/3	11/4	90/49	92/85	91/84

Приведенные данные свидетельствуют о максимальном вкладе ИК в общую Z при концентрации 3 масс. % и о наименьшем - при концентрации 10 масс. %, причем существенные различия между вкладами CortecVpCI-368 и Cortec VpCI-369 наблюдаются только в последнем случае. В таблице 4 приведены данные по защитной эффективности для ингибированного моторного масла М10Г<sub>2</sub>к, свежего и отработанного (ММО). Как следует из приведенных данных суммарный защитный эффект для композиций на основе ММО, выше, чем для свежего М10Г<sub>2</sub>к, причем высокие значения защитной эффективности достигаются практически сразу.

Таблица 4 – Защитная эффективность «твердофазная пленка – моторное масло - ИК»

С <sub>ИК</sub> , мас. %	Защитная эффективность (Z), %											
	ТФП			НМ			ИК, Z <sub>ИК</sub>			Суммарный защитный эффект		
	CortecVpCI-368/ CortecVpCI-369 в М10Г <sub>2</sub> к											
	Z <sub>В1</sub>	Z <sub>С1</sub>	Z <sub>Д1</sub>	Z <sub>В,М</sub>	Z <sub>С,М</sub>	Z <sub>Д,М</sub>	Z <sub>В,ИК</sub>	Z <sub>С,ИК</sub>	Z <sub>Д,ИК</sub>	Z <sub>Σ,В</sub>	Z <sub>Σ,С</sub>	Z <sub>Σ,Д</sub>
0	34/34	25/25	22/22	46/46	61/61	61/61						
3	34/34	25/25	22/22	46/46	61/61	61/61	16/16	14/14	14/14	96/96	~100/ ~100	97/ 97
5	34/34	25/25	22/22	46/46	61/61	61/61	-17/- 11	-3/0	-1/3	63/69	83/ 86	82/ 83
7	34/34	25/25	22/22	46/46	61/61	61/61	12/8	10/7	7/8	92/88	96/ 93	90/ 91
10	34/34	25/25	22/22	46/46	61/61	61/61	-14/- 11	3/-12	5/-11	66/69	89/ 74	88/ 72
	CortecVpCI-368/ CortecVpCI-369 в ММО											
	Z <sub>В1</sub>	Z <sub>С1</sub>	Z <sub>Д1</sub>	Z <sub>В,М</sub>	Z <sub>С,М</sub>	Z <sub>Д,М</sub>	Z <sub>В,ИК</sub>	Z <sub>С,ИК</sub>	Z <sub>Д,ИК</sub>	Z <sub>Σ,В</sub>	Z <sub>Σ,С</sub>	Z <sub>Σ,Д</sub>
0	34/34	25/25	22/22	50/50	61/61	63/63						
3	34/34	25/25	22/22	50/50	61/61	63/63	16/16	14/14	15/15	~100/ ~100	~100/ ~100	100/ 100
5	34/34	25/25	22/22	50/50	61/61	63/63	14/11	11/12	13/13	98/95	97/ 98	98/ 98
7	34/34	25/25	22/22	50/50	61/61	63/63	16/16	14/14	13/15	~100/ ~100	~100/ ~100	98/ ~100
10	34/34	25/25	22/22	50/50	61/61	63/63	12/1	10/3	13/15	96/ 85	96/ 89	98/ ~100

Для всех масляных композиций оптимальная концентрация ИК – 3 масс. %, для композиций на основе ММО 3 - 10 масс.%. При всех концентрациях ИК во всех исследованных маслах в принципе получены достаточно близкие значения скорости коррозии. Следует отметить, что для метода поляризационного сопротивления характерен большой разброс результатов параллельных экспериментов, что характерно для пленок наноразмерной толщины.

Таким образом, согласно исследованиям, проведенным методом поляризационного сопротивления оптимальный растворитель-основа – ММО, оптимальная концентрация ИК - 3 масс. % и 3-10 масс. % в ММО.

В таблице 4 приведены сравнительные данные, полученные из электрохимических и гравиметрических испытаний, по влиянию концентрации составов на основе Cortec VpCI-368 и Cortec VpCI-369 в индустриальном масле И-20А на их защитную эффективность на стали 0,8кп.

Таблица 4 – Зависимость защитной эффективности композиций на основе Cortec VpCI-368 и Cortec VpCI-369 в И-20А на стали 0,8кп при электрохимических и гравиметрических испытаниях

С <sub>ИК</sub> , в И- 20А, масс. %	Защитная эффективность (Z), % при исследованиях							
	Cortec VpCI-368D				Cortec VpCI-369			
	электрохимия в 0,5М NaCl по методам		гравиметрия		электрохимия в 0,5 М NaCl по методам		гравиметрия	
	поляриза ционных кривых	поляризационног о сопротивления (24 ч)	0,5М NaCl	Г-4	Поляриза ционных кривых	поляризационного сопротивления (24 ч)	0,5М NaCl	Г-4

0	41	58	21	41	41	58	21	45
3	89	~100	29	86	71	~100	29	97
5	96	93	69	97	87	93	69	99
7	96	93	69	97	97	97	69	99
10	96	91	69	98	98	84	69	~100
100	89		81	~100	71		80	~100

При сравнении результатов исследований разными методами во всех случаях получены качественно подобные результаты. Различия связаны с различными условиями проведения экспериментов в разных методах исследования. Введение ИК в масло в количестве 3-10 масс. % позволяет не менее, чем в два раза увеличить защитную эффективность покрытия. Максимальная защитная эффективность для композиций при 3 масс. % ИК, полученная методом поляризационного сопротивления, при остальных исследованиях не подтвердилась. Значения защитной эффективности композиций с CortecVpCI-368 и CortecVpCI-369. С при концентрации от 3 до 10 масс. % достаточно близки между собой при различных методах исследования.

**Заключение.** Критерии эффективности ИЗ разнообразны. Масляные композиции перспективно рассматривать методом поляризационного сопротивления, определяя вклад в общую защитную эффективность всех компонентов. Защитную эффективность (Z) отдельно ИК и всей защитной системы в целом можно использовать в качестве объективного критерия эффективности ИЗ. Для быстрой, эффективной и достоверной оценки эффективности ИЗ желательно одновременно использовать несколько методов исследования и, возможно, несколько различных критериев, а также проводить статистическую обработку данных, чтобы подтвердить достоверность полученных результатов. Лабораторные исследования необходимо проверять на практике в непосредственных условиях эксплуатации и хранения сельскохозяйственной техники и оборудования.

#### Литература

1. Козлова Л.С., Сибилева С.В., Чесноков Д.В., Кутырев А.Б. Ингибиторы коррозии (обзор)//Авиационные материалы и технологии. - 2015.-№ 2.- С.67 – 75.
2. Vigdorovich V.I., Knyazeva L.G., Tsygankova L.E., Ostrikov V.V., Petrashev A.I. Properties of Petroleum and Synthetic Oils as Bases for Anticorrosion Materials//Chemistry and Technology of Fuels and Oils. 2019. Т. 55. № 4. С. 412-423.
3. Брянский Б.Я., Бутакова Ю.А., Мухин В.А., Новикова В.В., Проскура А.Г. О выборе ингибиторов коррозии на основе измерений граничного сопротивления // Вестник Омского университета. - 2017. - № 1. - С. 55 – 58.
4. Князева Л.Г., Акользин А.П., Вигдорович В.И., Шель Н.В. Некоторые проблемы ингибирования атмосферной коррозии стали отработавшими моторными маслами//Практика противокоррозионной защиты. 2012.- № 1(63). - С. 60-65.
5. Князева Л.Г., Вигдорович В.И., Прохоренков В.Д. Ингибирование коррозии отработавшими моторными маслами//Коррозия: материалы, защита. 2010.- №10.- С. 25-30.
6. Цикерман Л.Я., Кесельман Г.С. Техничко-экономическая эффективность противокоррозионной защиты подземных металлических трубопроводов. М.: Изд-во ЦНИИТЭнефтегаз, 1964.
7. Тыр С.Г., Федоров Ю.В., Бобошко З.А. Оценка ингибиторов коррозии методом математического планирования// Защита металлов. -1989.-Т.25.- № 6.- С. 998-1001.
8. Лапига А.Г., Калинина Э.В., Карпов В.А., Михайлова О.Л. Прогнозирование сроков службы консервационных материалов методами статистического планирования// Химия и технология топлив и масел. - 1998.-№9.- С.24-27
9. Вигдорович В.И., Стрельникова К.О. Критерии оценки защитной эффективности ингибиторов коррозии//Конденсированные среды и межфазные границы.-Т.13.- №1.-С.24-28.
10. Способ определения срока службы защитных покрытий на металлах в агрессивных средах. Авторское свидетельство № 1817013. Опубл. 23.05.93. Бюл. № 19.
11. Кичигин В.И., Шерстобитова И.Н., Шейн А.Б. Импеданс электрохимических и коррозионных систем: учеб. пособие по спецкурсу. Пермь, Перм. гос. ун-т, 2009. 239 с.
12. Vigdorovich, V.I. Addition of surface polysulfide film to the inhibitor protective action against hydrosulfide corrosion of carbon steel / V.I. Vigdorovich, L.E. Tsygankova and N.V. Shel // Surf. InterfaceAnal. – 2010. – V. 42, № 5, 6. – P. 626 – 628.
13. Вигдорович В.И., Цыганкова Л.Е., Князева Л.Г., Шель Н.В., Кузнецова Е.Г., Дорохов А.В., Остриков В.В., Урядников А.А. Способ дифференциации вкладов компонентов антикоррозионной системы, формирующейся на корродирующей металлической поверхности, в ее интегральную эффективность в агрессивной среде. Патент на изобретение RU 2648012 С2, 21.03.2018. Заявка № 2016109163 от 14.03.2016.
14. Knyazeva L.G., Tsygankova L.E., Dorokhov A.V., Kur'yato N.A. Protective efficiency of oil compositions with Cortec VpCI-368D // International Journal of Corrosion and Scale Inhibition. 2021. Vol. 10, no. 2. P. 551-561.

УДК 620.197

**ЗАЩИТА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ОТ КОРРОЗИИ  
ЛАКОКРАСОЧНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ**

**Л.Г. Князева, д.х.н., А.И. Петрашев, д.т.н., Н.А. Курьято, м.н.с., А.В. Дорохов, к.х.н.**

ФГБНУ ВНИИТиН

*г. Тамбов, Российская Федерация*

Сельскохозяйственная техника и оборудование в период неиспользования подвергаются интенсивным коррозионным разрушениям. Для противокоррозионной защиты разработана широкая номенклатура различных консервационных материалов: пластичные смазки, консервационные масла, защитные восковые дисперсии, пленкообразующие ингибированные нефтяные составы, бензино-битумные составы, маслорастворимые ингибиторы и противокоррозионные присадки [1-13]. Традиционно используют для этих целей и лакокрасочные материалы (ЛКМ) [14-16], причем они должны удовлетворять требованиям, связанным с условиями эксплуатации сельскохозяйственной техники и оборудования: повышенной стойкостью к действию ультрафиолета; эластичностью; высокой твердостью, прочностью к удару; возможностью нанесения различными способами, включая ручную окраску; иметь различные температурные интервалы сушки; хорошими антикоррозионными свойствами, в том числе, и в агрессивных средах сельскохозяйственного производства. В Российской Федерации доля затрат на защиту от коррозии с применением лакокрасочных покрытий (ЛКП) составляет 39,5 % [14].

Марочный ассортимент современных ЛКМ велик, в настоящее время насчитывает более 2500 наименований, что, с одной стороны, расширяет возможности обеспечения заданных свойств покрытий, а с другой стороны, затрудняет их выбор и эффективное применение. К наиболее распространенным ЛКМ относятся лаки, краски, эмали, грунтовки, грунт-эмали (рисунок 3) [12-14]. Первые четыре предназначены для подготовки поверхности и повышения адгезии при окрашивании. Эмаль отличается от краски тем, что в нее добавлен лак, поэтому она образует блестящую пленку, повышающую стойкость покрытия. Грунтовки, определяющие характер взаимодействия покрытия с поверхностью металла, представляют собой суспензии пигментов (преимущественно антикоррозионных) с наполнителями в пленкообразователях и после высыхания должны образовывать однородные пленки с хорошей адгезией с подложкой и покрывными слоями. Грунт-эмали являются универсальными смесями, в их состав входят антикоррозионные пигменты и наполнители, выполняющие функции выравнивания поверхности, финишного покрытия и защиты от ржавчины. Грунт-эмали относят к multifunctional материалам «3-в-1», соединяющим в себе свойства модификатора ржавчины, антикоррозионного покрытия и пигментированной краски [13, 14, 16-18]. Применение грунт-эмали позволяет получить декоративное покрытие без предварительного грунтования на чистом или поврежденном ржавчиной участке металла. Сегодня отечественный рынок грунт-эмалей широк, но только немногие из них разработчики рекомендуют специально для применения в качестве защиты для сельскохозяйственной техники и оборудования.

Следует отметить, что рекомендаций разработчиков не всегда достаточно для выбора грунт-эмалей для защиты техники, работающей в конкретных сельскохозяйственных средах. Необходимо изучать защитную эффективность конкретных ЛКМ в конкретных условиях, подобные исследования всегда актуальны. В данной работе проводятся сравнительные исследования на углеродистой стали 0,8кп защитной эффективности пентафталево-эмали ПФ-115, рекомендуемой для защиты сельскохозяйственной техники в ГОСТ 6572-91 и грунт-эмали Полиуретол (УФ), предлагаемой сегодня отечественным рынком.

Для начала определили кинематическую вязкость исходного Полиуретола (УФ). При температуре 23 °С она составила 413 мм<sup>2</sup>/с для основного компонента и 357 мм<sup>2</sup>/с для отвердителя.

Было определено, что при нанесении Полиуретола длительность формирования покрытия до степени высыхания 1 «от пыли» составила: с применением отвердителя – 2 ч 40 мин, без отвердителя – 3 ч.

Установлено, что толщина образующихся покрытий из Полиуретола (УФ) при нанесении их пневмораспылением (таблица 1) выше, чем из ПФ-115.

Таблица 1 – Толщина покрытий, полученных путем пневмораспыления

Толщина покрытий, мкм, при использовании различных ЛКМ:				
Полиуретол		ПФ-115		
2 слоя	1 слой	2 слоя	1 слой	
127	67	81	35	
191	64	95	36	
150	64	96	48	
163	81	93	47	
163	80	91	53	
148	78	93	59	
154	66	77	56	








Значение толщины покрытия на образце с Полиуретолом, нанесенным в два слоя составляет 157 ± 3 %

**«Энерго- и ресурсосбережение в системе машиноиспользования и технического сервиса, эффективное использование топливно-смазочных материалов и защита техники от коррозии»**

мкм, в один слой -  $72 \pm 3\%$  мкм. Значение толщины покрытия на образце с ПФ-115, нанесенного в два слоя, составляет  $89 \pm 3\%$  мкм, в один слой -  $48 \pm 3\%$  мкм. Следовательно, толщина двуслойного покрытия из Полиуретола больше в 2,18 раза, из ПФ-115 – в 1,82 раза, чем однослойного. Покрытие из Полиуретола имеет толщину в 1,8 раз более высокую, чем ПФ-115 при нанесении в 2 слоя и в 2,4 раза более высокую при нанесении в один слой, соответственно, расход исходного Полиуретола при любом нанесении окажется выше. Следует отметить, что рекомендуемая толщина ЛКП для сельской местности 120 мкм [45]. Пентафталевые покрытия не удовлетворяют такому условию даже при нанесении в два слоя.

Изучено влияние концентрированных растворов минеральных удобрений на коррозию стальных пластин. Как следует из внешнего вида образцов после испытаний и данных гравиметрических исследований, коррозионные разрушения на стали 0,8 кп сильно зависели от природы минеральных удобрений, (таблица 2). Наименьшее воздействие на стальные образцы оказывали концентрированные растворы диаммофоски, суперфосфата и карбамида.

Таблица 2 – Результаты коррозионных испытаний стали 08кп в концентрированных растворах минеральных удобрений (время – 78 сут.)

№	Наименование удобрения	Внешний вид образцов после испытаний	Потеря массы	Скорость коррозии
			$\Delta m, \text{г/м}^2$	$K, \text{г/м}^2 \cdot \text{ч}$
1	Борофоска		105,8	0,0560
2	Аммиачная селитра		504,1	0,2690
3	Калий хлористый		99,6	0,0532
4	Суперфосфат		61,3	0,0327
5	Диаммофоска		27,3	0,0146
6	Карбамид		53,7	0,0287
7	Нитрофоска		124,6	0,0665

Наибольшую скорость коррозии наблюдали на стали 0,8 кп, выдержанной в концентрированных растворах аммиачной селитры  $K = 0,2690 \text{ г/м}^2 \cdot \text{ч}$ , наименьшую - в растворах диаммофоски  $K = 0,0146 \text{ г/м}^2 \cdot \text{ч}$ . Просматривается некоторая связь скорости коррозии с растворимостью удобрений в воде, которая доставляет агрессивные компоненты к поверхности металла. Растворимость при  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  на 100 г воды составляет для диаммофоски 71 г, карбамида - 80 г, суперфосфата - 16 г, а для аммиачной селитры гораздо больше – 215 г. Есть еще один аргумент, объясняющий наибольшую агрессивность аммиачной селитры. В силу химического строения основного вещества ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ), аммиачная селитра вызывает подкисление среды.

Кроме того исследовали длительное воздействие растворов концентрированных минеральных удобрений на покрытия из Полиуретола и эмали ПФ-115, нанесённых на сталь 0,8кп. На рисунке 1 показано изменение внешнего вида этих покрытий после воздействия растворов в течение 84 суток.

Хорошо заметно превосходство покрытий из Полиуретола над покрытиями из ПФ-115 по защитной способности во всех растворах минеральных удобрений. ЛКП из Полиуретола выдержали испытание практически без коррозионных разрушений. Пентафталевые ЛКП оказались относительно устойчивыми только к действию карбамида, хотя по границам и этих покрытий наблюдали небольшие пузыри. Большие пузыри вплоть до отслаивания покрытий отмечены у ПФ-115 в суперфосфате.

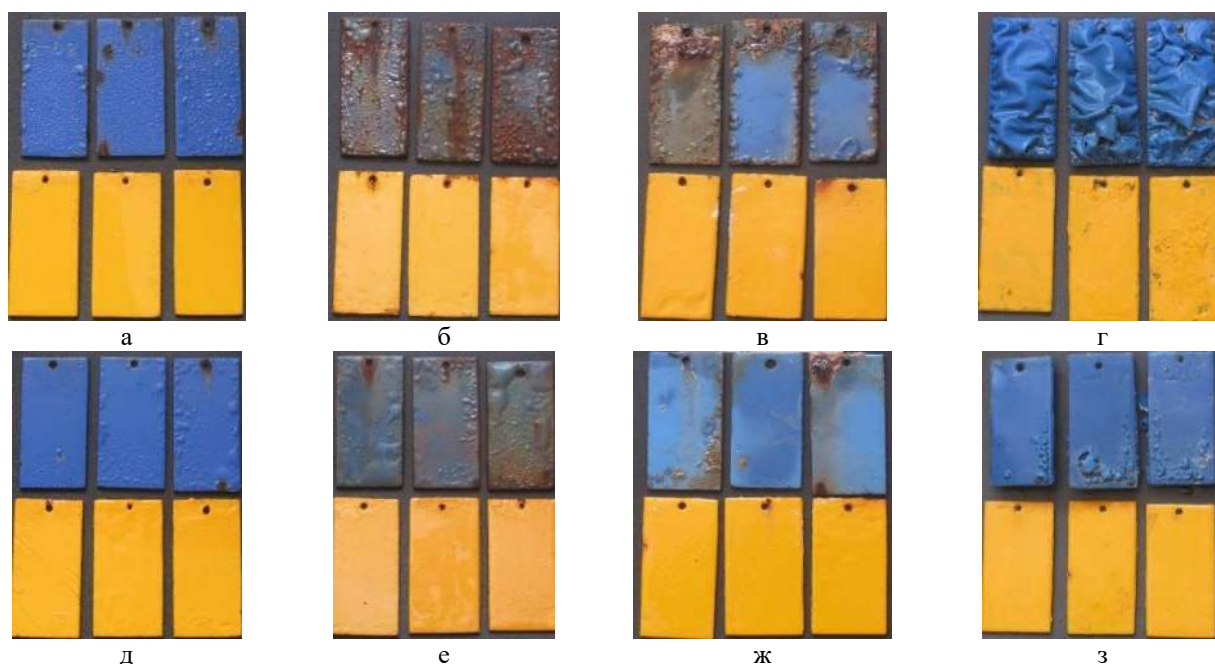


Рисунок 1 – Внешний вид покрытий из ПФ-115 (синие) и Полиуретола (желтые), нанесенных в один (а, б, в, г) и в два (д, е, ж, з) слоя после экспозиции в течении 180 суток в растворах удобрений: карбамида (а, д); аммиачной селитры (б, е); нитрофоски (в, ж); суперфосфата (г, з)

По рисункам 2, 3 можно судить о качестве покрытия из Полиуритола после 6-ти месячных испытаний в концентрированных растворах удобрений.



Рисунок 2 – Покрытие из Полиуретола (с отвердителем) после 180 суток экспозиции в концентрированных растворах минеральных удобрений: внешний вид и состояние металла под покрытием



Рисунок 3 – Покрытие из Полиуретола (без отвердителя) после 180 суток экспозиции в концентрированных растворах минеральных удобрений: внешний вид и состояние металла под покрытием

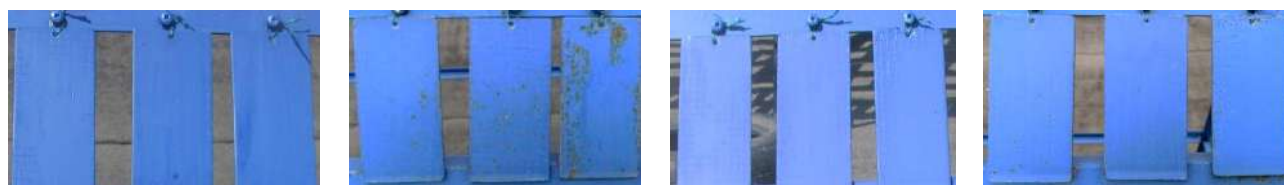
Покрытия из Полиуретола с отвердителем были менее эластичными, чем покрытия без отвердителя, они крошились ножом при снятии. У покрытий с отвердителем, выдержанных в концентрированном растворе диаммофоски, изменился цвет и отсутствовал блеск. Отмечено хорошее сцепление этого покрытия со сталью 08кп после испытаний в растворах суперфосфата, диаммофоски и нитрофоски. Растворы аммиачной селитры и борофоски существенно ослабили адгезию покрытия с отвердителем к металлу. После воздействия раствора аммиачной селитры, по кромке ЛКП появились очаги коррозионных повреждений. В растворах карбамида и хлористого калия адгезия ЛКП из Полиуретола снизилась до удовлетворительной.

Покрытия без отвердителя после испытаний характеризовались большей эластичностью, чем покрытия с отвердителем, но имели слабое сцепление со сталью. Поэтому они отслаивались кусками от пластин после проникновения сквозь них растворов карбамида, хлористого калия, борофоски, диаммофоски и нитрофоски. Отмечена хорошая адгезия неотвержденных покрытий к стальной поверхности в растворах суперфосфата и аммиачной селитры. При воздействии заточенным ножом эти покрытия продемонстрировали высокую адгезию к металлу и прочность.

Проведены исследования ЛКП из грунт-эмали Полиуретол и пентафталевой эмали ПФ-115 на атмосферостойкость. Как следует из фотографий, приведенных на рисунке 4, следы коррозионных разрушений на образцах с ЛКП из грунт-эмали Полиуретол не появились. А на образцах, покрытых пентафталевой грунт-эмалью ПФ-115 в один слой, можно видеть следы меления и потери блеска (рисунок 5).



1 слой до испытаний      1 слой через 205 дней      2 слоя до испытаний      2 слоя через 205 дней  
Рисунок 4 – Фотографии образцов стали 0,8кп, покрытых грунт-эмалью Полиуретол в один и в два слоя



1 слой до испытаний      1 слой через 205 дней      2 слоя до испытаний      2 слоя через 205 дней  
Рисунок 5 – Фотографии образцов стали 0,8кп, покрытых пентафталевой эмалью ПФ-115 в один и в два слоя

Таким образом, проведенное исследование атмосферостойкости и защитной способности в растворах минеральных удобрений грунт-эмали Полиуретол (УФ) выявило ее значительное преимущество в сравнении с пентафталевой эмалью ПФ-115, рекомендованной в настоящее время для противокоррозионной защиты сельскохозяйственной техники от воздействия минеральных удобрений.

**Литература**

1. Вигдорович В.И., Насыпайко И.Г., Прохоренков В.Д. Антикоррозионные консервационные материалы. М.: Агропромиздат. - 1987. -128 с.
2. Миронов Е.Б., Косолапов В.В., Тарукин Е.М., Маслов М.М. Оценка консервационных материалов для защиты от коррозии рабочих органов сельскохозяйственной техники//Вестник НГИЭИ. - 2015. - № 8 (51). - С. 48-57.
3. Князева Л.Г., Прохоренков В.Д., Остриков В.В., Чернышова И.Ю. Разработка консервационных материалов на основе отработанных масел//Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2002. № 10. С. 38-40.
4. Vigdorovich V.I., Knyazeva L.G., Tsygankova L.E., Ostrikov V.V., Petrashev A.I. Properties of Petroleum and Synthetic Oils as Bases for Anticorrosion materials//Chemistry and Technology of Fuels and Oils. - 2019. - Т. 55. - № 4. - С. 412-423.
5. Петрашев А.И., Князева Л.Г., Прохоренков В.Д., Клепиков В.В. Технология консервации аграрной техники водно-восковым составом "ГЕРОН"//Наука в центральной России. 2013. № 1. С. 53-56.
6. Прохоренков В.Д., Князева Л.Г., Ивойлов А.А., Еремин В.Н. Консервация сельскохозяйственной техники для внесения минеральных удобрений//Техника в сельском хозяйстве. 2007. № 6. С. 30-32.
7. Прохоренков В.Д., Князева Л.Г., Радченко А.И., Карпова О.И. Противокоррозионные свойства композиций на основе МОБИИН-3 (АКОР-1Б)// Практика противокоррозионной защиты. 2006. № 4 (42). С. 31-38.
8. Прохоренков В.Д., Князева Л.Г., Пономарёва И.И., Радченко А.И., Карпова О.И. Противокоррозионные свойства консервационного масла МОБИИН-4//Практика противокоррозионной защиты. 2007. № 2 (44). С. 40-45.
9. Прохоренков В.Д., Князева Л.Г., Кузнецова Е.Г. Консервационные материалы на основе отработавших моторных масел//Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2010. № 5. С. 13-15.
10. Прохоренков В.Д., Князева Л.Г., Ивойлов А.А. Битумные мастики для противокоррозионной защиты автотранспорта и сельскохозяйственного оборудования//Практика противокоррозионной защиты. 2008. № 2 (48). С. 34-37.
11. Прохоренков В.Д., Князева Л.Г., Ивойлов А.А. Битумные мастики для противокоррозионной защиты сельскохозяйственной техники//Техника и оборудование для села. 2008. № 2. С. 32-34.
12. Ильдарханова Ф.И., Богословский К.Г. Выбор лакокрасочных покрытий для долговременной противокоррозионной защиты металлоконструкций нефтегазовой отрасли // Коррозия. Территория Нефтегаз. 2013. Июнь. – С. 22-27.
13. Миронова Г.А., Ильдарханова Ф.И. Лакокрасочные материалы для долговременной антикоррозионной защиты металлоконструкций в атмосферных условиях // Промышленная окраска. 2012. № 2. – С. 8-12.
14. Елисаветский А. М., Елисаветская И. В., Ратников В. Н. Защита металлов от коррозии лакокрасочными покрытиями // Лакокрасочные материалы и их применение. 2001. № 6 – С. 17-21.
15. ГОСТ 9825-73. Материалы лакокрасочные. Термины, определения и обозначения. М.: Стандартиформ, 2006. – 7 с.
16. Патент РФ № 2305693С1 Грунт-эмаль антикоррозионная водно-дисперсионная. Опубл. 10.09.2007. Бюл. №25.
17. Патент РФ № 2376335С1 Грунт-эмаль для покрытия металлических изделий. Опубл. 12.20.2009.
18. Патент РФ № 2376335С1 Грунт-эмаль для защитного противокоррозионного эпоксидного покрытия с толщиной защитного слоя до 500 мкм, способ формирования защитного противокоррозионного эпоксидного покрытия и изделие с защитным противокоррозионным эпоксидным покрытием. Опубл. 22.03.2017. Бюл. №9.
19. ГОСТ 6572-91 «Покрытия лакокрасочные тракторов и сельскохозяйственных машин» М.: Стандартиформ, 2006. – 7 с.
20. Князева Л.Г. Научные основы создания антикоррозионных консервационных материалов на базе отработавших нефтяных масел и растительного сырья/диссертация на соискание ученой степени доктора химических наук / ГОУВПО "Тамбовский государственный технический университет". Тамбов, 2012.

УДК 620.197

**ЗАЩИТНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ОТРАБОТАННОГО МАСЛА  
ПО ОТНОШЕНИЮ К СТАЛИ**

**А.В. Дорохов, к.х.н., Л.Г. Князева, д.х.н., Н.А. Курьято, м.н.с.**

ФГБНУ ВНИИТиН

г. Тамбов, Российская Федерация

Борьба с коррозией в сельском хозяйстве, на которое приходится 10 % от общего металлофонда нашей страны, является довольно актуальной задачей. Чтобы противостоять атмосферной коррозии, используют различные методы замедления ее процессов. Для сохранения сельскохозяйственной техники в работоспособном состоянии в нерабочие периоды необходимо применение защитных составов, например, использующих



ингибиторы на масляной основе. Это могут быть отработанные моторные масла (ММО), ингибированные отходами или побочными продуктами химических и нефтехимических производств [1-10]. Продукты окисления, которые накапливаются в отработанных маслах, вносят дополнительный синергический эффект, что позволяет говорить о большей защитной эффективности ММО, по сравнению со свежими и регенерированными маслами [2]. Тем не менее, защитной эффективности только ММО недостаточно для защиты сельскохозяйственной техники при ее хранении на открытой площадке [2-4], несмотря на то, что по мере накопления продуктов старения в маслах происходит повышение вязкости, которое в свою очередь приводит к снижению смывания, а совместно с поверхностно-активными продуктами окисления и к дополнительному повышению защитного эффекта. Для эффективной защиты необходимо в ММО дополнительно вводить ингибиторы коррозии. В данной работе исследовали составы с высокоэффективной антикоррозионной присадкой М-531. Для любых консервационных материалов актуально исследование их защитной эффективности в условиях эксплуатации.

Были приготовлены составы, в которых в качестве растворителя-основы использовали ММО с добавлением М-531 концентрацией 5-15 масс. %. Подготовка образцов стали Ст3 к проведению испытаний включала шлифование и обезжиривание с помощью ацетона, нанесение защитного состава с помощью кисти. Гравиметрические испытания (ГОСТ 9.909-86) проводили в течение 14 суток в условиях 0,5М хлорида натрия. Для удаления продуктов коррозии использовали следующий состав: 10 %-ный раствор HCl, 3 г/л уротропина и 1 г/л KI

Для определения скорости коррозии (K) использовали выражение (1), для расчета защитного эффекта – формулу (2).

$$K = \frac{\Delta m}{S \cdot \tau} \quad (1)$$

где  $\Delta m$  - потеря массы образца, г;  $S$  – площадь поверхности,  $\tau$  – длительность испытаний, часы.

$$Z = \frac{K_0 - K_1}{K_0} \cdot 100 \%, \quad (2)$$

где  $K_0, K_1$  – скорости коррозии в отсутствие и при наличии защитной пленки.

Результаты проведенных гравиметрических испытаний приведены в таблице 1, из которой следует, что оптимальная защитная концентрация составляет 10 масс. %, дальнейшее увеличение концентрации не приводит к увеличению защитного эффекта.

Таблица 1 – Результаты гравиметрических испытаний в 0,5 М NaCl, время испытаний 14 суток.

Покрытие	$\Delta m$ , г	K, г/(м <sup>2</sup> ·ч)	Z, %
Без покрытия	0,0375	0,0547	-
ММО	0,0267	0,0367	33
5% М-531 в ММО	0,0206	0,0288	47
10% М-531 в ММО	0,0021	0,0030	95
15% М-531 в ММО	0,0021	0,0029	95

Полученные результаты подтверждаются и внешним видом образцов стали (таблица 2).

Таблица 2 – Внешний вид стальных образцов после проведения испытаний в 0,5М NaCl в течение 14 дней



Также нами были проведены испытания в термовлагокамере Г-4 при 100%-ной влажности воздуха и периодическом нагреве до 40°, время проведения эксперимента 40 суток, где исследуемые составы показали отличные защитные свойства (полученные данные приведены в таблице 3)

Таблица 3 – Результаты климатических испытаний в термовлагокамере Г-4, влажность воздуха - 100%, время испытаний 40 суток.

Покрытие	$\Delta m$ , г	K, г/(м <sup>2</sup> ·ч)	Z, %
Без покрытия	0,0701	0,0409	-
ММО	0,0018	0,0010	97
5% М-531 в ММО	0,0010	0,0006	98
10% М-531 в ММО	0,0001	0,0001	99
15% М-531 в ММО	0,0002	0,0001	99

Таким образом, консервационные составы на основе ММО, ингибированного М-531, согласно результатам

проведенных испытаний, достаточно эффективны по отношению к стали Ст3 (оптимальная концентрация 10 масс. %). Их использование с одной стороны позволяет сэкономить на стоимости материалов, за счет использования вторичных продуктов, с другой стороны, позволяет утилизировать достаточно токсичные отработанные масла.

#### **Литература**

1. Князева Л.Г., Шель Н.В., Прохоренков В.Д., Остриков В.В. Утилизация отработанных масел путем получения из них высоко- эффективных консервационных материалов // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2013.- Т. 18. - № 5. - С. 2303-2306.
2. Князева Л.Г., Дорохов А.В., Курьято Н.А., Прохоренков В.Д. Исследование эффективности составов на основе Cortec VpCI-368 и Cortec VpCI-369 для противокоррозионной защиты сельскохозяйственной техники // Наука в центральной России. – 2019. - № 5 - С. 69-80.
3. Prokhorenkov V.D., Knyazeva L.G., Ostrikov V.V., Vigdorovich V.I. Carriers of the protective effectiveness of used motor oils // Chemistry and Technology of Fuels and Oils. – 2006 T. 42 N. 1 Pp. 35-38.
4. Князева Л. Г., Вигдорович В.И., Прохоренков В.Д. Ингибирование коррозии отработавшими моторными маслами // Коррозия: материалы, защита. – 2010 - №10. – С. 25-30.
5. Knyazeva L. G., Tsygankova L. E., Dorokhov A. V., Kur'yato N. A. Protective efficiency of oil compositions with Cortec VpCI-368D // International Journal of Corrosion and Scale Inhibition. – 2021 V. 10 N. 2 Pp. 551-561.
6. Прохоренков В.Д., Вигдорович В.И., Князева Л.Г. Доступные противокоррозионные материалы для защиты сельскохозяйственной техники от атмосферной коррозии//Практика противокоррозионной защиты.- 2003.- № 3(29). -С. 51-54.
7. Прохоренков В.Д., Князева Л.Г., Радченко А.И., Карпова О.И. Противокоррозионные свойства композиций на основе МОБИИН-3 (АКОР-1Б)//Практика противокоррозионной защиты. -2006. -№ 4 (42). -С. 31-38.
8. Прохоренков В.Д., Князева Л.Г., Кузнецова Е.Г. Консервационные материалы на основе отработавших моторных масел// Механизация и электрификация сельского хозяйства. -2010. -№ 5.- С. 13-15.
9. Вигдорович В.И., Цыганкова Л.Е., Шель Н.В., Князева Л.Г., Зазуля А.Н Защита металлов от атмосферной коррозии масляными покрытиями (теория, практика, экологические аспекты).Москва, 2014.
10. Vigdorovich V.I., Knyazeva L.G., Tsygankova L.E., Ostrikov V.V., Petrashev A.I. Properties of petroleum and synthetic oils as bases for anticorrosion materials //Chemistry and Technology of Fuels and Oils. 2019. T. 55. № 4. С. 412-423.

УДК 624

#### **ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ЖИРОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ МЯСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ В ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА**

**С.М. Гайдар, А.М. Пикина, О.М. Лапсарь**, аспирант  
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,  
г. Москва, Российская Федерация

**Введение.** В настоящее время переход на мало- и безотходные циклы производства рассматривается как одно из фундаментальных направлений в решении вопросов. Следует отметить, что использование такого побочного сырья, как жир-сырец имеет ограниченное применение при производстве технической продукции. Цель исследования - разработка технологии синтеза ПАВ из жиросодержащих отходов мясоперерабатывающих предприятий. Провести физико-химический анализ ПАВ и оценить возможности их использования в качестве ингибиторов коррозии.

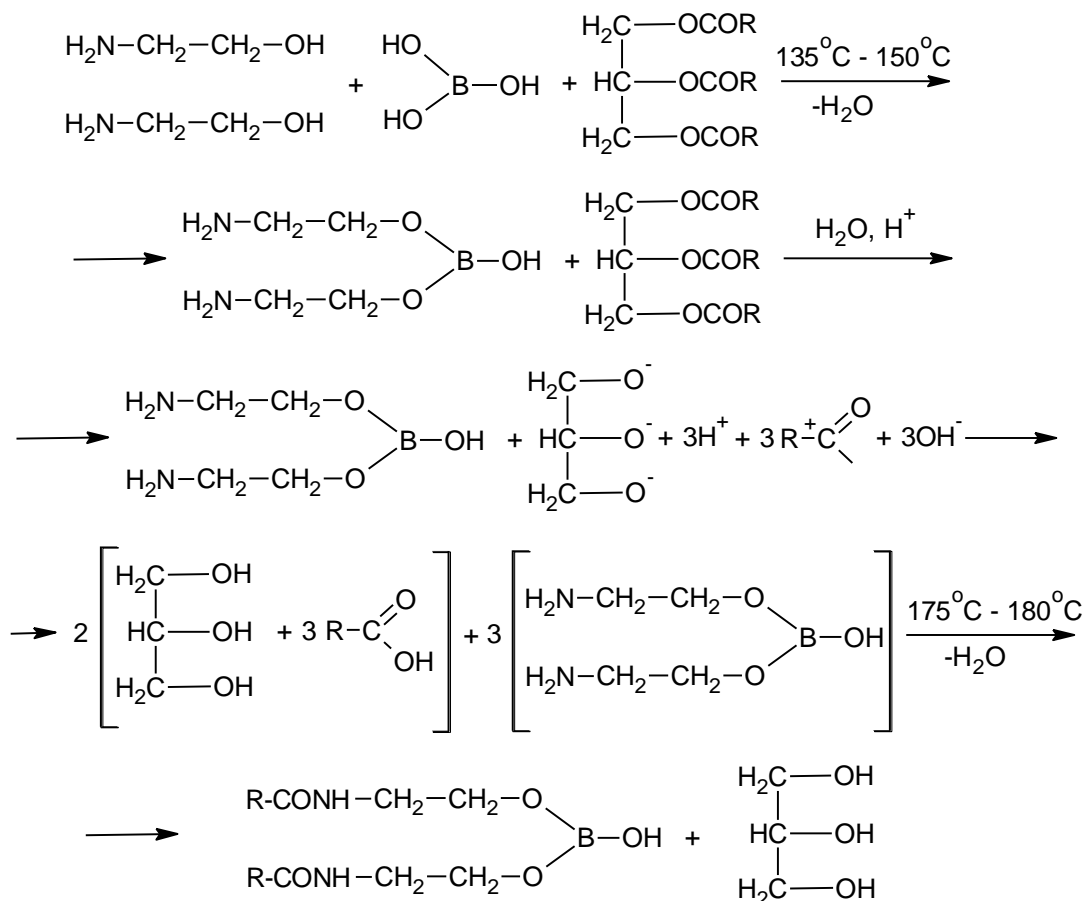
**Условия, материалы и методы.** При производстве ПАВ был использован куриный жир, полученный из непищевого сырья, показатели качества которого соответствуют ГОСТ 17483-73.

При получении амидов жирных кислот было использовано соединение бора - борная кислота  $H_3BO_3$ .

Метод переработки жиросодержащих отходов мясной отрасли состоит из двух этапов. На первом этапе необходимо решить проблему отделения жира от воды. Затем проведя ряд технологических операций, перейти ко второму этапу. На втором этапе после гидролиза жиров (триглицеридов), получают этаноламидами жирных кислот, как продукт конденсации жирных кислот с боратом этаноламина.

Способ получения амидов жирных кислот включает стадию нагревания технического жира (ТЖ), моноэтаноламина (МЭА) и борной кислоты (БК) до температуры 180°C в течение 1,5 ч при соотношении технического жира, моноэтаноламина и борной кислоты мас. %: 65,3 - 72,4; 14,5 ÷ 170; до 100.

Реакция гидролитического расщепления жира и получения амида жирных кислот реализуется по схеме:



На лабораторной установке был наработан образец ПАВ [1].

**Результаты и обсуждение.** Для химического анализа полученного ПАВ был использован метод ИК-спектроскопии [3] с использованием прибора Spectrun Two (Perkin Elmer, USA).

Результаты ИК-спектроскопии ПАВ представлены на рисунках 1-3.

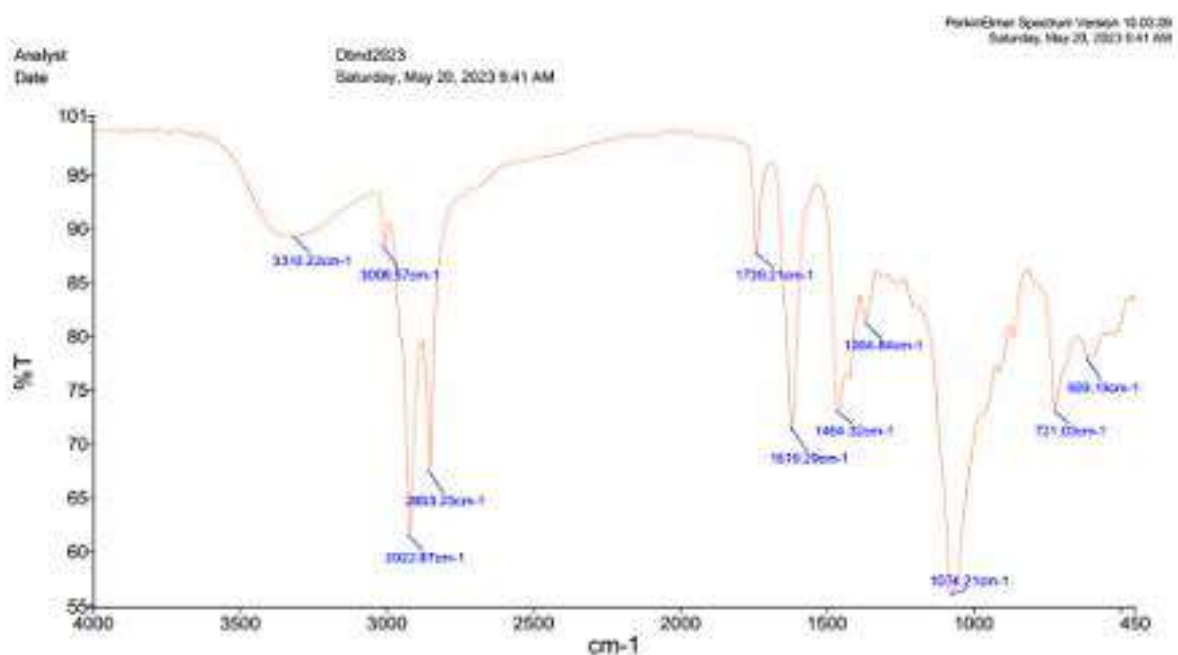


Рисунок 1 - ИК-спектроскопия ПАВ

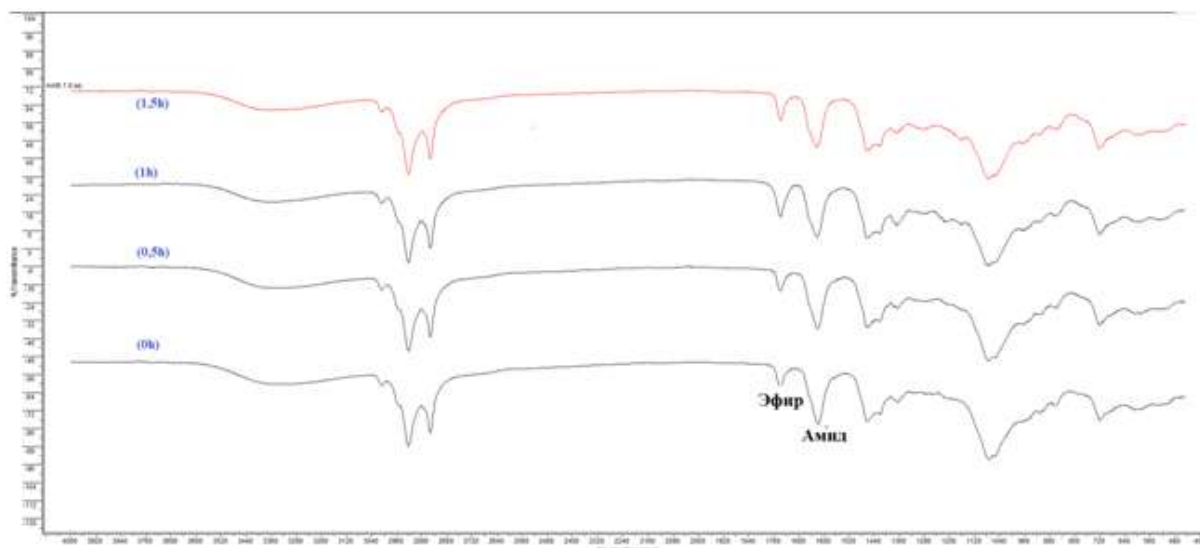


Рисунок 2 - ИК-спектроскопия ПАВ с изменением времени реакции после получения прозрач. смеси в массовом соотношении исходных реагентов ТЖ : ЭА : БК = 130г. : 65г. : 13г

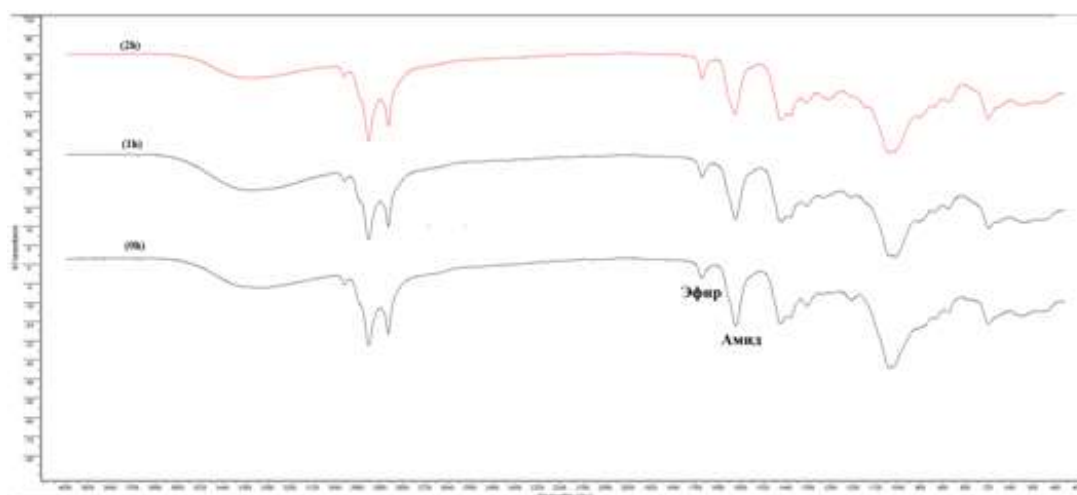


Рисунок 3 - ИК-спектроскопия ПАВ с изменением времени реакции после получения прозрач. смеси в массовом соотношении исходных реагентов ТЖ : ЭА : БК = 130г. : 90г. : 18г

Определение аминного числа, являющегося одним из качественных показателей полученного ПАВ, выполнялось по следующей методике:

Добавляли 1,0000 – 1,2000 г ПАВ в коническую колбу объемом 250 мл, затем добавляли 35 мл бензилового спирта, 5 мл изопропанола. Перемешивали до получения прозрачной однородной смеси, затем титрировали 0,1Н раствором HCl в изопропаноле до значения pH равного 4,0. Для определения растворимости ПАВ в масле И-20А определялась анилиновая точка масляного растворителя по методу ASTM D611-2016, значение которой составило 90,3°C:

Таблица 1 - Определение анилиновой точки масляного растворителя по методу ASTM D611-2016

Масляный растворитель	ДТ	И-20А	Масло SN-150
Анилиновая точка	72,1 °С	90,3 °С	113,8 °С

Определение растворимости ПАВ в масле И-20А: Добавляли 15,0 - 20,0г ПАВ и 80,0 – 85,0 г минерального масла И-20А или SN-150 или дизельного топлива (ДТ). Смесь нагревали до 60-70 °С при перемешивании в течение 30 мин., охлаждали смесь до комн. температуры и выдерживали при этой температуре в течение 10 дней. Наблюдали явление расслоения и (или) осаждения смеси.

Результаты определения аминного числа приведены в таблице 2.

Таблица 2- Результат анализа ПАВ

№	Соотношение реагентов (г/г)			Время реакции при температуре 180-200°С		Масса полученного ПАВ, г	Масса выделенной воды, г	Амино число, мг HCl/г	Растворимость в масле И-20А		
	ТЖ	ЭА	БК	Получение прозрачного раствора	Окончание реакции				ДТ	И-20А	Масло SN-150
1	130	65	6,5	20 мин.	1 ч	192,3	7,8	47,9	+	+	-
2	130	65	9,75	40 мин.	1 ч	195,1	9,2	48,1	+	+	+
3	130	65	13	1 ч	1 ч	194,0	11,2	49,2	+	+	+
4	130	65	16,25	1ч	1 ч	196,4	12,4	50,8	+	+	+
5	130	65	19,5	1 ч	1 ч	195,2	17,9	52,7	+	+	+

Для определения механизма и эффективности антикоррозионной защиты были проведены электрохимические исследования на потенциостате гальваностате AVTOLAB PGSTAT302N.

Консервационное масло, содержащее поверхностно-активные молекулы, легко проникаемо для растворов электролитов, что дает возможность поляризационных измерений на покрытых ими металлах [4]. Результаты представлены на рисунке 4.

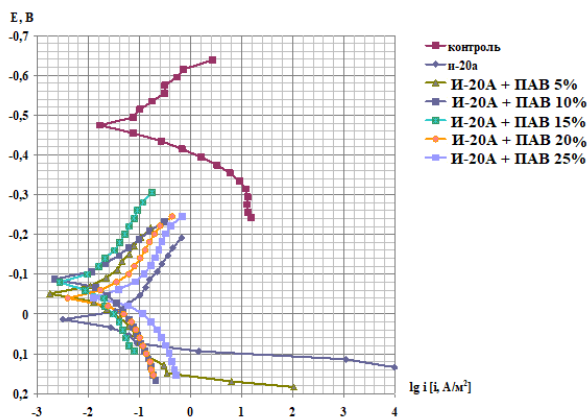


Рисунок 4 - Поляризационные кривые на стали Ст.3 при концентрации ПАВ в И-20А: 1 – фоновый электролит; 2 – И-20А; 3 – 5%; 4 – 10%; 5 – 15%; 6 – 20%; 7 – 25%

Таким образом, ПАВ в концентрации 5...25 мас. % в минеральном масле И-20А является ингибитором анодного действия. Оптимальная концентрация ПАВ в минеральном масле составляет 15%.

В камере влажности была проведена оценка эффективности полученного ПАВ в качестве ингибитора коррозии. Испытания проводились по ГОСТ 9.054-75 (метод 1) [5].

Консервационное масло было приготовлено в следующей пропорции: - ПАВ -15% и масло И-20А-85%.

В качестве испытуемых образцов использовались образцы из стали марки Ст3 по три образца на каждый опыт.

Для снятия продуктов коррозии был изготовлен химический раствор по ГОСТ 9.907-2007.

Взвешивание пластин осуществлялось до проведения испытаний и после.

Результаты испытаний представлены на рисунке 5 и в таблице 3.



Рисунок 5 - Результаты испытаний в камере влажности

Таблица 3- Результаты коррозионных испытаний в камере влажности

№ образца	Наименование образца	Масса образца до испытаний, г	Масса образца после испытаний, г	Масса образца после удаления продуктов коррозии, г	Изменение массы образца после испытаний, г, $\pm \Delta m$	Защитный эффект, %
1	К	57,1742	57,4382	56,3203	+0,2640 -0,8539	-
2	К	57,3145	57,5501	56,4630	+0,2356 -0,8515	
3	К	57,3601	57,5741	56,6975	+0,2140 -0,6626	
1	И	57,0112	57,0143	57,0057	+0,0031 -0,0055	$Z^+ = 98,78$ $Z^- = 99,33$
2	И	57,3274	57,3317	57,3196	+0,0043 -0,0078	
3	И	57,3448	57,3474	57,3389	+0,0026 -0,0059	

\*К- контрольный образец; И – образец с антикоррозионным покрытием.

Анализ результатов (рис. 1) показывает, что при процессе амидирования наблюдается интенсивность полосы поглощения  $1619 \text{ см}^{-1}$ , которая соответствует карбонильной группе третичных амидов в спектре продуктов реакции. Одновременно на спектре наблюдаются интенсивности поглощения сложноэфирных групп ( $1739$  и  $1074 \text{ см}^{-1}$ ), что можно объяснить параллельным образованием аминокэфиров, находящихся в равновесии с амидами. Увеличение времени реакции при  $180-200^\circ\text{C}$  не влияет на это равновесие (рис. 5 и 6). Примечательно, также следует отметить, что снижение интенсивности поглощения полосы гидроксильных групп (валентные колебания:  $-\text{OH} = 3274 \text{ см}^{-1}$ ,  $\text{C} - \text{OH} = 1053 \text{ см}^{-1}$ ) происходит практически до 2,5 ч синтеза.

Анализ результатов показывает, что:

- увеличение соотношения борной кислоты к этаноламину увеличиваются аминное число полученных ПАВ;

- увеличение соотношения этаноламина к триглицериду приводит к увеличению аминного числа ПАВ;

- увеличение времени реакции снижается аминное число полученных ПАВ.

Анализ результатов, приведенных в таблице, показывает, что:

- Чем ниже анилиновая точка масляного растворителя, тем выше растворимость полученного ПАВ.

Растворимость ПАВ уменьшается в порядке: ДТ>И-20А>SN-150;

- чем больше время реакции, тем выше растворимость полученных ПАВ;

- при увеличении соотношения этаноламина к триглицериду в исходной реакционной смеси снижаются растворимость полученных ПАВ в растворителе;

- при увеличении соотношения борной кислоты к этаноламину в исходной реакционной смеси не оказывает существенного влияния на растворимость полученных ПАВ в растворителе.

Раствор ПАВ в И-20А затормаживает анодный процесс, и облагораживает стационарный потенциал, наибольший защитный эффект наблюдается при концентрации ПАВ 15%.

Проведение исследований в камере влажности осуществлялись непрерывно в течение 60 дней при температуре около  $50^\circ\text{C}$  и относительной влажности 100%. При этом периодически проводился осмотр на наличие очагов коррозии на поверхностях образцов. Первые очаги коррозии на контрольных образцах появились после 12 часов испытаний. Начало образования точечных очагов коррозии законсервированных консервационным маслом в ПАВ наблюдалось через 816 часов (34 дня). После 60 дней испытаний контрольные образцы имели 100% поражение поверхностей продуктами коррозии.

Взвешивание образцов после испытаний проводилось до удаления продуктов коррозии ( $+\Delta m$ ), так и после ( $-\Delta m$ ). Расчет защитного эффекта производился для обоих вариантов и составил:  $Z^+ = 98,78 \%$ ;  $Z^- = 99,33 \%$ .

**Выводы.** При производстве ПАВ из непищевого жиросодержащего сырья, удастся решить экологическую проблему, связанную с утилизацией жиросодержащих отходов. Разработанная технология позволяет в химическом реакторе осуществить синтез продукта в одну стадию, без разделения технологии на два этапа: гидролиза триглицеридов и получения амидов жирных кислот. Полученное неионогенное ПАВ является высокоэффективным ингибитором коррозии. Растворимость ПАВ в промышленном масле позволяет изготовить консервационное масло. Проведенные экспериментальные исследования позволили определить механизм защитного действия, оптимальное содержание ПАВ в растворителе и защитный эффект ( $Z > 90\%$ ). Анализ поляризационных кривых, полученных с помощью потенциостата гальваностата AVTOLAB PGSTAT302N, показал, что полученный ПАВ является ингибитором анодного действия и оптимальная его

концентрация в индустриальном масле составляет 15%. Проведенные испытания в камере влажности на металлических пластинах (Ст3) в течение 60 дней подтвердили высокую защитную эффективность, которая составила 99,33%.

#### **Литература**

1. Патент на изобретение № 2787477 от 09.01.2023 г. Способ получения моно- и диэтаноламидов жирных кислот. Патентообладатель: ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (RU) / Гайдар С.М., Коноплев В.Е., Лапсарь О.М., Балькова Т.И., Пикина А.М., Посуныко И.А. Заявка № 2022109878 от 13.04.2022г.
2. Закупра, В.А. Методы анализа и контроля в производстве поверхностно-активных веществ. М.: Химия. 1977.
3. Преч, Э. Определение строения органических соединений: таблицы спектральных данных/ Э. Преч, Ф. Бюльманн, К. Аффольтер: пер. с англ. – М.: Мир БИНОМ. Лаборатория значений, 2009. – 438 с.: ил. – (Методы в химии)
4. Дамаскин, Б.Б., Петрий, О.А., Цирлина, Г.А. Электрохимия: Учебное пособие. – 3 –е изд. испр. –СПб.: Издательство «Лань», 2015. – 672 с.: ил.- (Учебники для вузов. Специальная литература)
5. Пентин, Ю.А., Вилков, Л.В. Физические методы исследования в химии. – М.: Мир, ООО «Издательство АСТ», 2003. – 683 с., ил. – (Методы в химии)
6. Гайдар, С.М. Теория и практика создания ингибиторов коррозии для консервации сельскохозяйственной техники / Монография. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2011. – 304 с.

УДК 635.262

#### **ЭКСТРАКЦИЯ ФЛАВОНОИДОВ ИЗ ЧЕСНОЧНЫХ СТРЕЛОК ДИЭТИЛОВЫМ ЭФИРОМ**

**Д.Ю. Киселев**, студент, **В.Н. Башкиров**, д.т.н., профессор, **А.Р. Валеева**, к.т.н.,

**А.И. Валиуллина**, **Р.М. Хазиахмедова**

ФГБОУ ВО КНИТУ

*г. Казань, Российская Федерация*

**Введение.** Использование натуральных и экологически безопасных методов защиты от коррозии является актуальным и важным направлением в современной индустрии и научных исследованиях. Флавоноиды — это группа растительных соединений с разнообразными биологическими свойствами. Исследования показывают их потенциальное влияние на здоровье человека, включая антиоксидантные и противовоспалительные свойства. Особый интерес вызывает их роль в поддержании сердечно—сосудистого здоровья и возможное противоопухолевое действие. Флавоноиды могут иметь важное значение для фармакологии и здорового образа жизни [1-3]. В последние годы также было обнаружено, что некоторые флавоноиды обладают потенциальными противокоррозионными свойствами. Исследования показали, что они способны действовать как ингибиторы коррозии благодаря своей способности образовывать защитные пленки на поверхностях металлов, защищая металлические поверхности от окисления и разрушения, что особенно важно в условиях, когда металл подвергается воздействию влаги и агрессивных химических сред и, таким образом, способствуя увеличению срока службы металлических конструкций.

Противокоррозионные свойства флавоноидов связаны с их антиоксидантной активностью. Антиоксиданты помогают защитить клетки и ткани от повреждений, вызванных свободными радикалами-химическими соединениями, способствующими окислительным процессам. В контексте металлов и коррозии, свободные радикалы могут способствовать окислительной деградации металлических поверхностей, что приводит к коррозии. Флавоноиды обладают способностью нейтрализовать свободные радикалы и предотвращать окислительные процессы. В качестве растительного источника получения флавоноидов предлагается использовать чесночные стрелки-побочный продукт, образующийся при выращивании чеснока. Чесночные стрелки содержат разнообразные флавоноиды, такие как кверцетин, камферол и мирцин. Эти вещества могут способствовать уменьшению окислительных реакций на металлических поверхностях и, следовательно, снижению коррозии. Отличительными особенностями флавоноидов в качестве противокоррозионных веществ являются их селективность и специфичность, устойчивость к экстремальным условиям, возобновляемость, дешевизна и возможность синергии с другими веществами. Ожидается, что использование флавоноидов как натуральных ингибиторов коррозии прежде всего привлекательно в сельскохозяйственном производстве.

Процесс получения флавоноидов в промышленности включает следующие этапы: выбор сырья; сбор и подготовка сырья; экстракция [4]; очистка и фильтрация; концентрирование; осаждение и сушка; контроль качества; применение в продукции.

Флавоноиды можно получить из различного сырья, такого как цитрусовые фрукты, красные сорта винограда, чай, какао, красные ягоды, чеснок, лук, травы и растения, плоды и овощи, а также пищевые добавки. Выбор сырья зависит от нужных типов флавоноидов и их конечного применения. Каждый источник сырья содержит уникальные флавоноиды, что делает их ценными для промышленности и медицины [5]. Флавоны являются наиболее распространенным классом флавоноидов. Они встречаются в различных растениях, включая

цитрусовые фрукты, петрушку, гинкго билоба и другие. Примеры флавононов включают кверцетин, апигенин и ликеол [6]. Флавононы обычно присутствуют во фруктах и овощах. Один из известных примеров - нарингин, который находится в грейпфруте. Флавонолы часто присутствуют в цветах. Кверцетин, каэмферол и мирцетин - типичные примеры флавонолов. Антоцианы — это флавоноиды, которые обеспечивают цвет красных, синих и фиолетовых ягод, таких как малина, черника, виноград и т. д. [7]. Изофлавоны встречаются в соевых бобах и являются одними из основных компонентов изофлавонов в пищевых продуктах.

Для экстракции флавоноидов могут быть использованы, такие процессы как мацерация, перколяция, ультразвуковая экстракция и суперкритическая жидкостная экстракция (СЖЭ) [8, 9]. Каждый метод обладает своими особенностями и позволяет получать конкретные флавоноиды с высокой эффективностью.

В промышленности наиболее преобладающим методом для экстракции флавоноидов является мацерация. Этот метод широко используется благодаря своей простоте, надежности и доступности оборудования. Мацерация позволяет получать экстракты с хорошей концентрацией флавоноидов, что делает его предпочтительным выбором для многих производителей. Однако, в зависимости от конкретных требований и целей производства, другие методы, такие как перколяция, ультразвуковая экстракция и суперкритическая жидкостная экстракция, также могут быть применены для оптимизации процесса извлечения флавоноидов.

В качестве растворителей для экстракции флавоноидов используются различные органические растворители, такие как этанол, метанол, ацетон, хлороформ и др. Кроме того, для извлечения флавоноидов используют водные растворители или их смеси с органическими растворителями, особенно если они хорошо растворимы в воде. Выбор растворителя зависит от свойств конкретных флавоноидов и условий производства. [10]

Диэтиловый эфир (этиловый эфир) может использоваться в процессе получения флавоноидов. Диэтиловый эфир является органическим растворителем, который хорошо растворяет многие флавоноиды и может быть использован в качестве растворителя при экстракции.

Чесночные стрелки представляют собой интересный и менее изученный источник флавоноидов, что открывает новые перспективы для получения этих биоактивных соединений. Их использование может представлять инновационный подход в области получения флавоноидов, что потенциально дополнит уже известные источники.

Флавоноиды, полученные из чесночных стрелок, могут обладать уникальными биологическими свойствами. Это может включать антиоксидантные, противовоспалительные и антибактериальные свойства, что делает их интересным объектом для исследования в медицине, косметологии и сельском хозяйстве. Использование диэтилового эфира для экстракции флавоноидов из чесночных стрелок может способствовать повышению эффективности этого процесса. Диэтиловый эфир является широко распространенным растворителем с хорошей растворимостью для многих флавоноидов, что облегчает их извлечение.

**Материалы и методы.** Растительное сырье являлись чесночные стрелки (*Allium sativum*), собранные на частном участке в Республике Татарстан. Время сбора сырья - июнь 2023 года. В качестве экстрагента использовался химически чистый диэтиловый эфир  $C_4H_{10}O$ .

Подготовка сырья заключалась в очистке, сортировке от мусора. Перед экстракцией сырье было высушено при комнатной температуре и измельчено. Соотношение сырья и экстрагента составляло 1:2,5 по массе соответственно (рисунок 1).



Рисунок 1 - Экстракция чесночных стрелок диэтиловым эфиром

Условия экстракции: продолжительность - 48 ч; температура - 25-27 °С; давление – атмосферное.

По истечении времени экстракции, жидкость была отфильтрована через бумажный фильтр для отделения жмыха от экстракта. Для концентрации экстракта флавоноидов и рекуперации экстрагента диэтиловый эфир был отогнан при температуре 46 °С на лабораторной установке (рисунок 2) с последующим сбором диэтилового эфира для возможности его повторного применения.





Рисунок 2 - Лабораторная установка для перегонки

В результате этой процедуры был получен концентрированный экстракт. Для определения присутствия флавоноидов в полученном растворе были проведены качественные реакции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 - Методика проведения опытов и возможные результаты

Методика проведения опыта.	Возможные результаты реакции.
1. Добавление концентрированной соляной кислоты	Появление розового или красного окрашивания в пробирке указывает на присутствие в ней антоциановых пигментов, халконов или аурунов, которые при добавлении только одной HCl образуют красное окрашивание за счет образования оксониевых солей
2. Реакция с хлоридом железа (III)	Образуются окраски от зеленой (флавонолы) до коричневой (флаваноны, халконы, ауруны) и красновато-бурой (флавоны) При наличии веществ с рядовой три-оксигруппировкой в кольцо появляется черно-синее окрашивание и осадок. Эту реакцию дают и другие фенольные соединения
3. Реакция с раствором аммиака	Флавоны, флавонолы, флаваноны приобретают желтое окрашивание, при нагревании переходящее в оранжевое или красное Халконы и ауруны – оранжевое или красное окрашивание. Антоцианы образуют синее или фиолетовое окрашивание

**Результаты.** Результаты экспериментов представлены в таблице 2 и на рисунке 3

Таблица 2 - Результаты эксперимента

Название реакции Методика	Результат реакции	Заключение о наличие флавоноидов
Реакция с концентрированной соляной кислотой	Изменения цвета не наблюдалось	Реакция показала отсутствие в экстракте антоциановых пигментов, халконов или аурунов, которые при добавлении HCl образуют оксониевые соли
Реакция с хлоридом железа (III)	Произошло изменение окраски раствора от зеленой до коричневой	Реакция показала наличие в экстракте флавонолов и флавононов
Реакция с раствором аммиака	Наблюдалось желтоватое окрашивание раствора	Реакция показала наличие в экстракте флавонов, флавонолов и флавононов

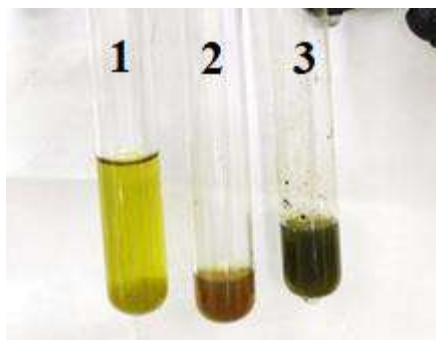


Рисунок 3 - Изменения внешнего вида экстракта чесночных стрелок после взаимодействия с 1) раствором аммиака, 2) хлоридом железа (III) 3) концентрированной соляной кислотой

**Вывод:** Метод экстракции флавоноидов из чесночных стрелок с использованием диэтилового эфира показал положительные результаты. Присутствие флавоноидов было подтверждено качественными реакциями с хлоридом железа (III) и раствором аммиака, что подтверждает возможность экстракции флавоноидов диэтиловым эфиром. Полученные результаты представляют интерес для дальнейших исследований и использования флавоноидов в различных фармацевтических и пищевых приложениях.

**Заключение.** Получение флавоноидов представляет собой сложный процесс, сопряженный с несколькими актуальными проблемами и вызовами. Одной из основных сложностей является высокая стоимость производства, связанная с необходимостью использования современных технологий экстракции и очистки. Также важно правильно подобрать сырье, чтобы обеспечить оптимальное содержание и качество флавоноидов [11].

Оптимизация процесса экстракции является ключевым аспектом производства, поскольку правильный выбор растворителя, температуры и времени экстракции влияет на выход и качество флавоноидов. Селективность экстракции также является важным вопросом, так как неконтролируемое извлечение других соединений может затруднить последующую очистку и концентрацию флавоноидов.

Другой значимой проблемой является стабильность флавоноидов во время производства и хранения. Их термолабильность и подверженность окислению могут снижать их активность и ценность в конечных продуктах. Также некоторые флавоноиды обладают низкой растворимостью в воде, что ограничивает их использование в определенных продуктах [12].

Стандартизация является еще одним важным аспектом, так как отсутствие единых стандартов и методов анализа затрудняет сравнение и оценку качества флавоноидов в различных продуктах [13]. Этические вопросы также необходимо учитывать, особенно при получении флавоноидов из редких или защищенных видов растений.

Тем не менее, несмотря на эти вызовы, исследования и разработки в области получения флавоноидов активно проводятся с целью разрешения этих проблем и повышения эффективности производства. Это открывает перспективы для широкого применения флавоноидов в медицине, косметологии и других отраслях промышленности, ввиду их ценных биологических свойств и потенциального вклада в общее здоровье человека.

В целом, использование флавоноидов в качестве противокоррозионных веществ представляет собой инновационное направление, которое может способствовать разработке более эффективных и экологически устойчивых методов защиты металлических поверхностей.

#### Литература

1. Harborne, J.B. (1994). "The Flavonoids: Advances in Research since 1986." Chapman and Hall.
2. Rice-Evans, C. A., & Packer, L. (Eds.). (2003). "Flavonoids in Health and Disease." Marcel Dekker, Inc.
3. Grotewold, E. (2006). "The Science of Flavonoids." Springer Science & Business Media
4. Патент № 2782459 С1 Российская Федерация, МПК А61К 36/53, А61К 36/533, А61К 36/38. Способ экстракции флавоноидов из растительного сырья: № 2021126053 : заявл. 03.09.2021 : опубл. 27.10.2022 / М. А. Джавахян, А. Ю. Татаринцева, В. Н. Дул [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений". – EDN WTKCMX.
5. Research of flavonoid content and antioxidant activity in the extract of *Fagopyrum esculentum* Moench / A. G. Klykov, S. A. Borovaya, G. A. Murugova [et al.] // Фенольные соединения: фундаментальные и прикладные аспекты : Сборник материалов XI Международного симпозиума, Москва, 11–15 апреля 2022 года / Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН. – Москва: Издательство "Перо", 2022. – Р. 116. – EDN YIOUTY.

6. Федосеева Г.М., Миревич В.М., Горячкина Е.Г., Переломова М.В. Фитохимический анализ растительного сырья, содержащего флавоноиды. Учебное пособие. Иркутск, ИГМУ, 2009. - 67 с.

7. Вихорев, А. В. Идентификация и анализ генов флавоноид 3'-гидроксилазы и флавоноид 3', 5'-гидроксилазы в геноме ячменя / А. В. Вихорев, К. В. Стрыгина, Е. К. Хлесткина // Генофонд и селекция растений : Материалы IV Международной научно-практической конференции, Новосибирск, 04–06 апреля 2018 года. – Новосибирск: Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, 2018. – С. 70-73. – EDN XSIRMD.

8. Сравнение качественного состава экстрактов листьев лавра, полученных методами сверхкритической флюидной экстракции и СВЧ-экстракции / Д. И. Прокопчук, О. И. Покровский, О. О. Паренаго [и др.] // Химия растительного сырья. – 2018. – № 3. – С. 169-177. – DOI 10.14258/jcrpm.2018033758. – EDN MAAXLN.

9. Патент № 2467781 С2 Российская Федерация, МПК В01Д 11/02. Устройство для экстракции растительного сырья и способ работы устройства для экстракции растительного сырья : № 2010132393/05 : заявл. 02.08.2010 : опубл. 27.11.2012 / Ф. Ф. Аухадеев, Ф. Ф. Аухадеев, Ф. Л. Аухадеев [и др.]. – EDN YEQWKR.

10. Сравнение составов экстрактов листьев *laurus nobilis*, полученных методами СВЧ-экстракции, сверхкритической флюидной экстракции и пародистилляции / О. И. Покровский, Д. И. Прокопчук, С. А. Багателя [и др.] // Химия растительного сырья. – 2019. – № 4. – С. 373-385. – DOI 10.14258/jcrpm.2019045431. – EDN NGWVRG.

11. Morozov, S. Morphological characteristics of oral tissues in alloxan-induced hyperglycemia in rats and after administration of flavonoids / S. Morozov, A. Skiba, O. S. Reshetnikova // Virchows Archiv-European Journal of Pathology. – 2014. – Vol. 465, No. S1. – P. 78. – DOI 10.1007/s00428-014-1618-2. – EDN AXXXRX.

12. Онина, С. А. Физико-химический анализ флавоноидов растительного сырья / С. А. Онина, Н. А. Никонова // Национальная Ассоциация Ученых. – 2016. – № 10-2(26). – С. 84-85. – EDN XSIAAP.

13. Оганесян, Э. Т. Исследование тритерпеноидов и флавоноидов рододендрона кавказского / Э. Т. Оганесян, В. А. Бандюкова, А. Л. Шинкаренко // Растительные ресурсы. – 1968. – Т. 4, № 2. – С. 240-243. – EDN UVUMCT.

УДК 662.75

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТЕЙ КАВИТАЦИИ ПОСРЕДСТВОМ РАЗРУШЕНИЯ ФОЛЬГИ В СРЕДЕ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА**

**Ю.В. Мещерякова, к.т.н., И.В. Бусин, к.т.н.**

**ФГБНУ ВНИИТиН**

*г. Тамбов, Российская Федерация*

Ультразвуковые волны высокой интенсивности могут улучшить технологические процессы и создавать новые в обрабатываемых материалах[1-3]. Колебания, вызываемые ультразвуком, могут создавать такие явления, как кавитация, радиационное давление, микро- и макропотоки, что в свою очередь приводит к изменениям в химических связях, увеличению поверхности и скоростей реакций, а также ускорению процессов массо- и теплопереноса. В жидких средах кавитация, происходящая из-за разрушения каверн, может ускорить процессы диспергирования и экстрагирования. Использование ультразвука, сопровождаемого кавитацией, является одним из наиболее эффективных способов обработки топлива[4-5]. Цель этой работы - определить наилучшие параметры ультразвуковой обработки топлива для создания наиболее оптимальной кавитации.

Для определения областей кавитации в исследуемых моторных топливах использовалась лабораторная установка Qsonica sonicators Q700 (Рисунок 1).



Рисунок 1 - Лабораторная установка для ультразвуковой обработки топлива

Образцы топлива, включая дизельное товарное топливо, биодизельное топливо на основе масла рыжика (МЭРМ) и смесь дизельного топлива (80%) с МЭРМ (20%), были обработаны ультразвуком при различных значениях интенсивности, амплитуды и времени обработки. Для определения областей кавитации использовался метод разрушения алюминиевой фольги толщиной 10мкм, размещенной в топливе параллельно и перпендикулярно к наконечнику на разных расстояниях ( $h$ ,  $l$ ). Результаты были оценены по площади разрушения фольги (Сраз.ф), которая зависела от параметров ультразвуковой обработки. По окончании эксперимента извлекали образец фольги из жидкости и фиксировали область разрушения. На рисунке 2 изображена схема расположения кавитационных областей возникающих при обработке ультразвуком.

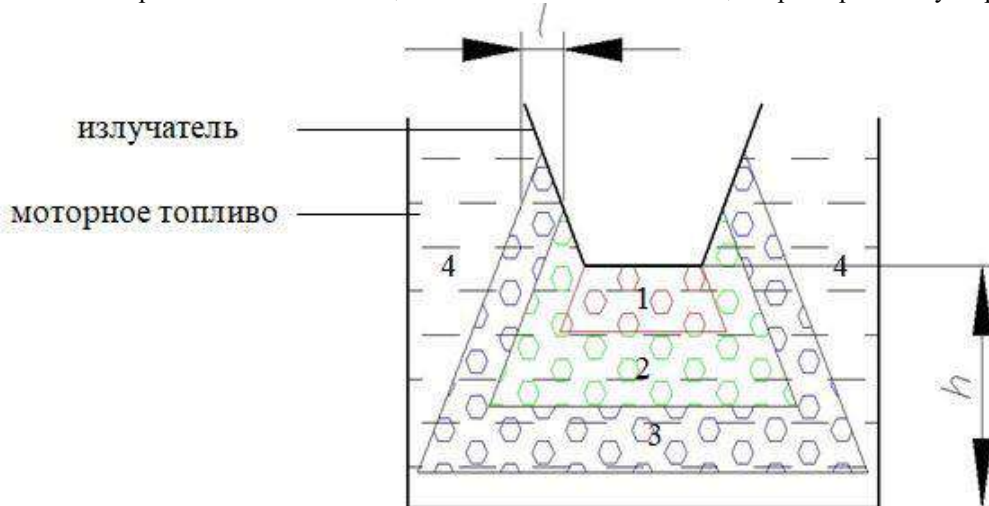


Рисунок 2 - Схематичное распределение кавитационных областей

По результатам анализа площади разрушенной фольги были выделены различные области кавитации. Область 1 характеризуется активной кавитацией, где пузырьки схлопываются с максимальной амплитудой. Область 2 – начало кавитации, где появляется небольшое количество пузырьков и они начинают схлопываться. Область 3 – зарождающаяся кавитация, где интенсивность схлопывания пузырьков снижена. Область 4 не имеет кавитации и характеризуется отсутствием схлопывания пузырьков. Критерием для определения оптимальной кавитации выбрано разрушение листа алюминиевой фольги площадью более  $1,13 \text{ см}^2$ , что больше диаметра наконечника. Увеличение расстояния от излучающей поверхности не вызывает заметного разрушения фольги.

На рисунках 3 - 4 приведены графики зависимости влияния расстояния от поверхности наконечника и интенсивности ультразвуковой обработки на степень повреждения фольги.

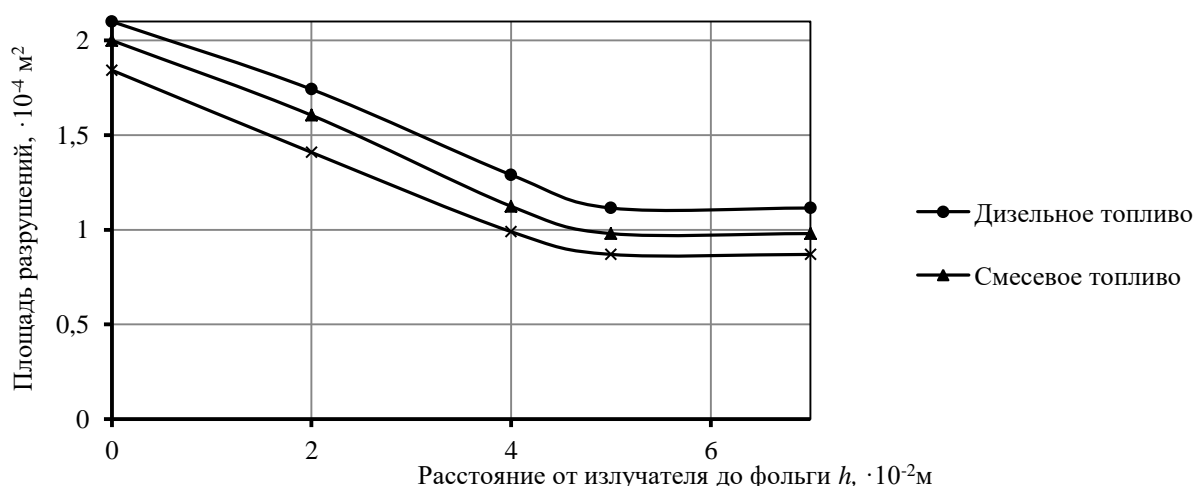


Рисунок 3 - Графики зависимости площади разрушения от расстояния до излучающей поверхности в различных жидких средах

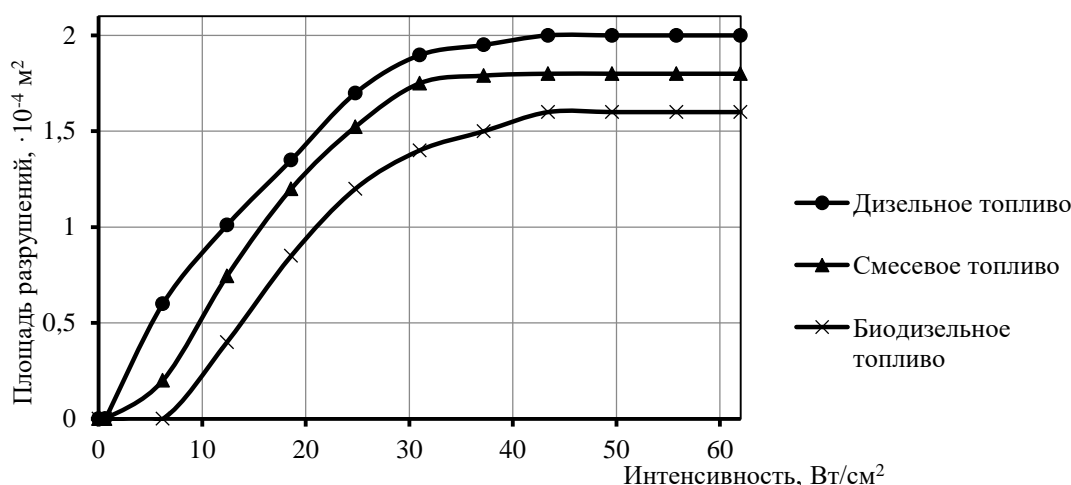


Рисунок 4 - Графики зависимости площади разрушения от интенсивности ультразвуковой обработки

Было установлено, что чем ближе поверхность фольги к источнику ультразвука и чем выше интенсивность и амплитуда ультразвуковой обработки, тем более активной является кавитационная область, и тем больше площадь разрушения. При увеличении времени воздействия площадь разрушения также увеличивается. Однако, продолжительность обработки существенно зависит от интенсивности, амплитуды и расстояния.

Область активной или оптимальной кавитации соответствует значениям параметров: расстояние до поверхности -  $l = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ ,  $I = 25-37 \text{ Вт/см}^2$ ,  $A = 40-60\%$ ,  $t = 10 \text{ сек}$ .

#### Литература

1. Иванов, Е. Г. Механизм нагрева воды при периодической кавитации / Е. Г. Иванов, А. В. Пасин, Е. В. Трегубова // Сельский механизатор. – 2023. – № 1-2. – С. 24-26. – DOI 10.47336/0131-7393-2023-1-2-24-25-26. – EDN QKSCMH.
2. Промтов, М. А. Кавитационная технология улучшения качества углеводородных топлив / М. А. Промтов // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2008. – № 2. – С. 6-8. – EDN ILGQDP.
3. Промтов, М. А. Перспективы применения кавитационных технологий для интенсификации химико-технологических процессов / М. А. Промтов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2008. – Т. 14, № 4. – С. 861-869.
4. Эффективность работы дизельных двигателей тракторов на топливе с биодобавками растительного происхождения: Аналитический обзор / И.Г. Голубев, С.А. Нагорнов, А.Н. Зазуля [и др.]. – Москва: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2021. – 72 с.
5. Нагорнов, С.А. Совершенствование технологического процесса получения биодизельного топлива / С.А. Нагорнов, А.Ю. Корнев, С.В. Романцова // Сельский механизатор. – 2021. – № 2. – С. 30-31.

УДК 662.75

#### ИССЛЕДОВАНИЕ КАВИТАЦИОННОГО РЕЖИМА ОБРАБОТКИ МОТОРНОГО ТОПЛИВА В УЛЬТРАЗВУКОВОМ СМЕСИТЕЛЕ

Ю.В. Мещерякова, к.т.н., С.А. Нагорнов, д.т.н.

ФГБНУ ВНИИТиН

г. Тамбов, Российская Федерация

Кавитация (от лат. *cavita* — пустота) – это образование полостей пара в жидкости, т.е. пузырьков или пустот. Как правило, это происходит вследствие резкого изменения давления, которое и вызывает образование полостей. При воздействии высокого давления, пустоты сжимаются и схлопываются, образуя мощную ударную волну. Как правило, термин кавитация ассоциируется с процессом разрушения. Кавитация является причиной износа различных деталей, металла. Ярким примером этого явления является износ и эрозия на грибных винтах судов и различного рода насосов.

Однако в последнее десятилетие процесс кавитационной обработки широко используется для интенсификации многих технологических процессов промышленных производств, в том числе для обработки различного вида топлива. На сегодняшний день кавитацию используют для интенсификации процессов растворения, экстрагирования, пастеризации, гомогенизации и множества других. Положительное влияние ультразвуковых кавитационных процессов на реакционные вещества и на технологические процессы исследовалось многими учеными [1-5].

Кавитационную обработку моторного топлива проводили в гидродинамическом смесителе, разработанном в лаборатории ВНИИТиН патент RU 2775588 (рисунок 1)

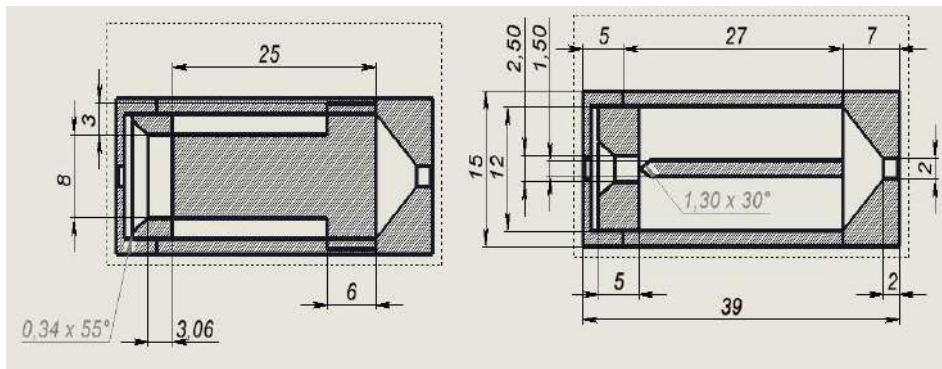
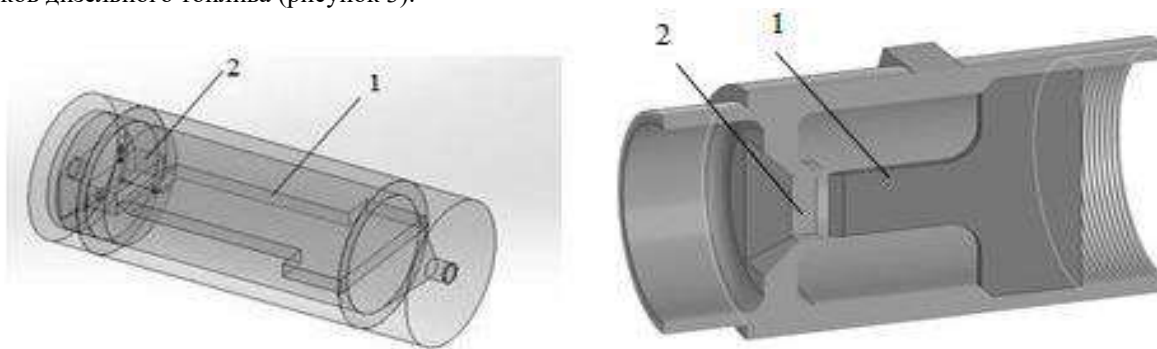


Рисунок 1– Фото и чертеж конструкции гидродинамического смесителя

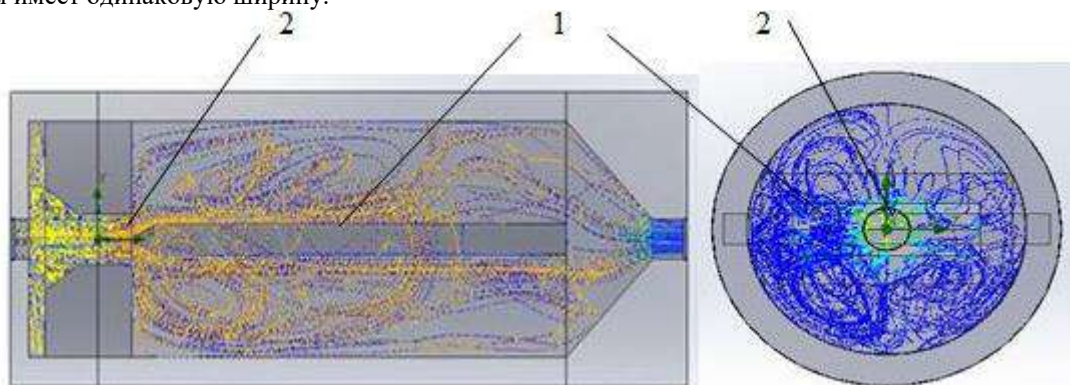
Построена 3d модель исследуемого гидродинамического смесителя (рисунок 2) и смоделировано течение потоков дизельного топлива (рисунок 3).



1 - пластина; 2 - сопло.

Рисунок 2 – Внешний вид 3d модели смесителя

Основным рабочим элементом ультразвуковой камеры является пластина 1, изготовленная из коррозионностойкой стали с отполированной поверхностью и сопло 2. Сопло располагается так, чтобы вытекающая струя топлива симметрично рассекалась пластиной. При пересечении потока дизельного топлива пластина возбуждается и колеблется на одной из собственных частот. Она играет роль механического резонатора, управляет работой системы и излучает звук. Используются пластины разной конфигурации и различными способами крепления. В нашем случае пластина имеет заостренный край, колеблющаяся часть пластины имеет одинаковую ширину.



а) вид сбоку

б) вид спереди

Рисунок 3 – Общий вид траекторий потока дизельного топлива

Проведено численное моделирование течения потоков топлива в ультразвуковой камере при выбранной геометрии ультразвуковой пластины и сопла, а также подаваемом давлении. На рисунке 4 – 9 при заданных параметрах показано распределение давления, уровня акустической мощности в ультразвуковом смесителе при оптимальных подобранных параметрах пластины и сопла.

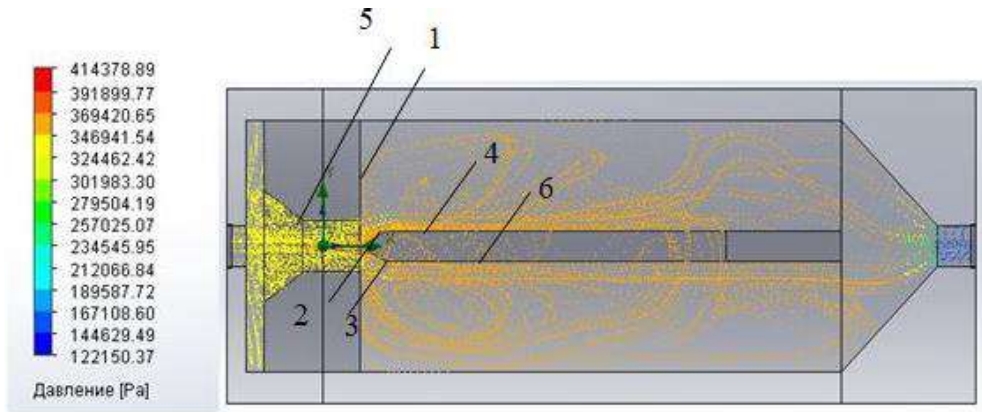


Рисунок 4 – Скриншот расчета распределения давления с выбранными параметрами

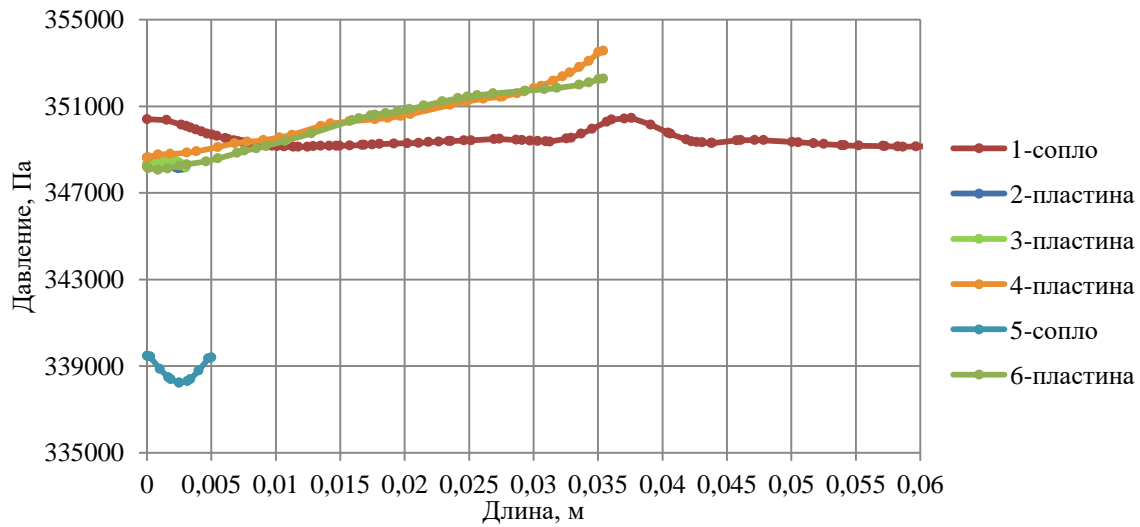


Рисунок 5 –Динамика распределения давления в смесителе

При протекании через суживающийся участок канала скорость потока возрастает, при этом давление снижается. На расширяющемся участке происходят обратные процессы уменьшения скорости течения, возрастания давления, что может свидетельствовать о возникновении явления кавитации (образование газовоздушных пузырьков), которая и способствует интенсификации и активации исследуемого топлива.

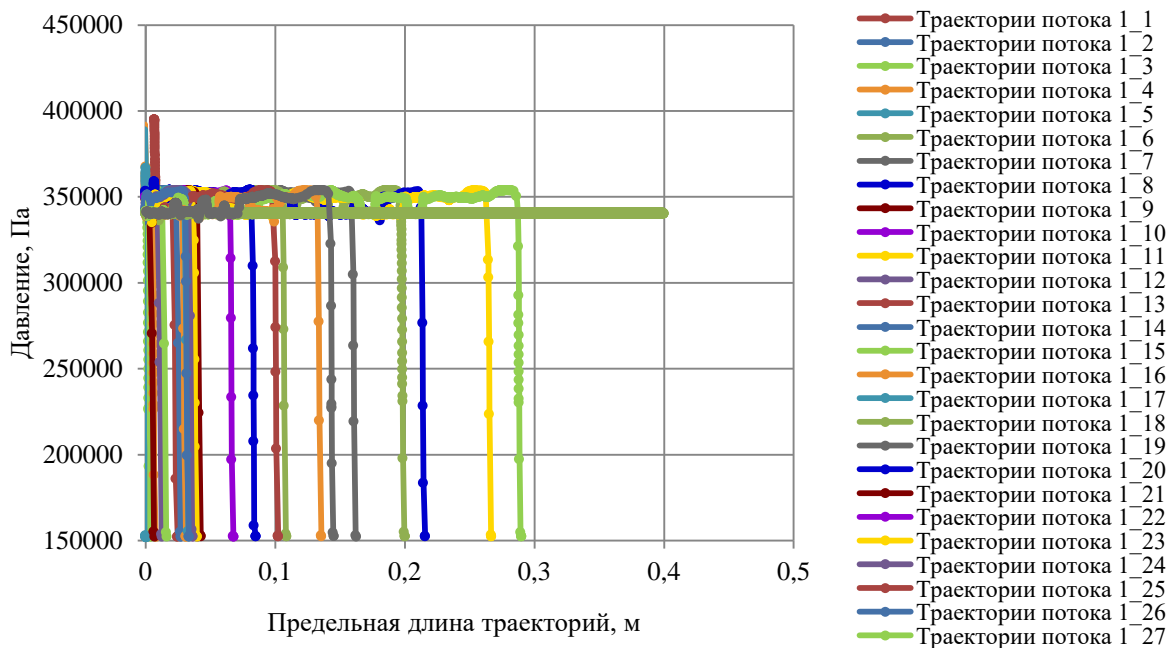


Рисунок 6 – Динамика распределения траекторий потока

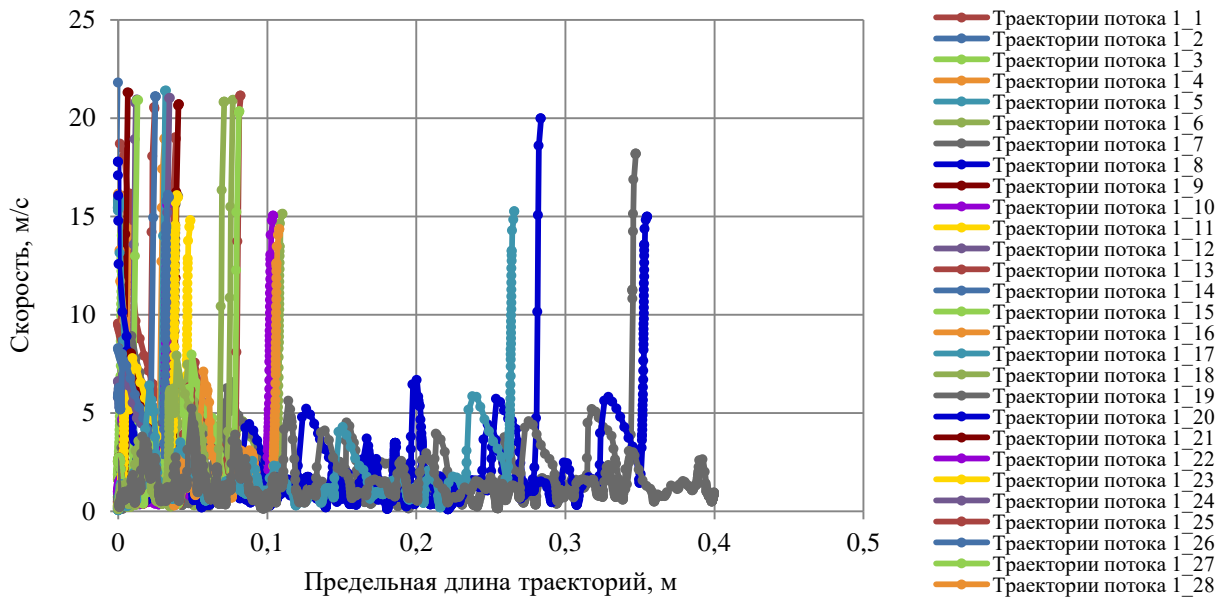


Рисунок 7 – Динамика распределения траекторий потока

Другим подтверждением наличия явления кавитации в гидродинамических акустических исследованиях является образование гидравлического шума. Предположительно возникновение шума является результатом процесса схлопывания каверн. Анализ рисунков 8 - 9 показывает возникновение шума порядка 52 Дб при заданных условиях.

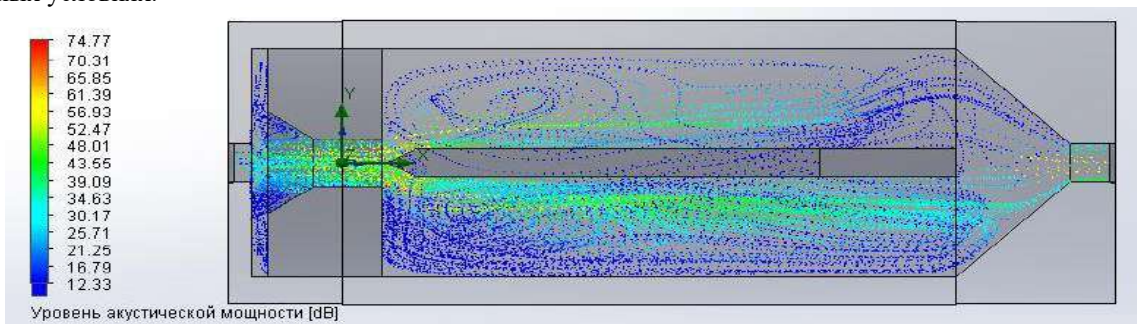


Рисунок 8 – Скриншот программы распределения акустической мощности

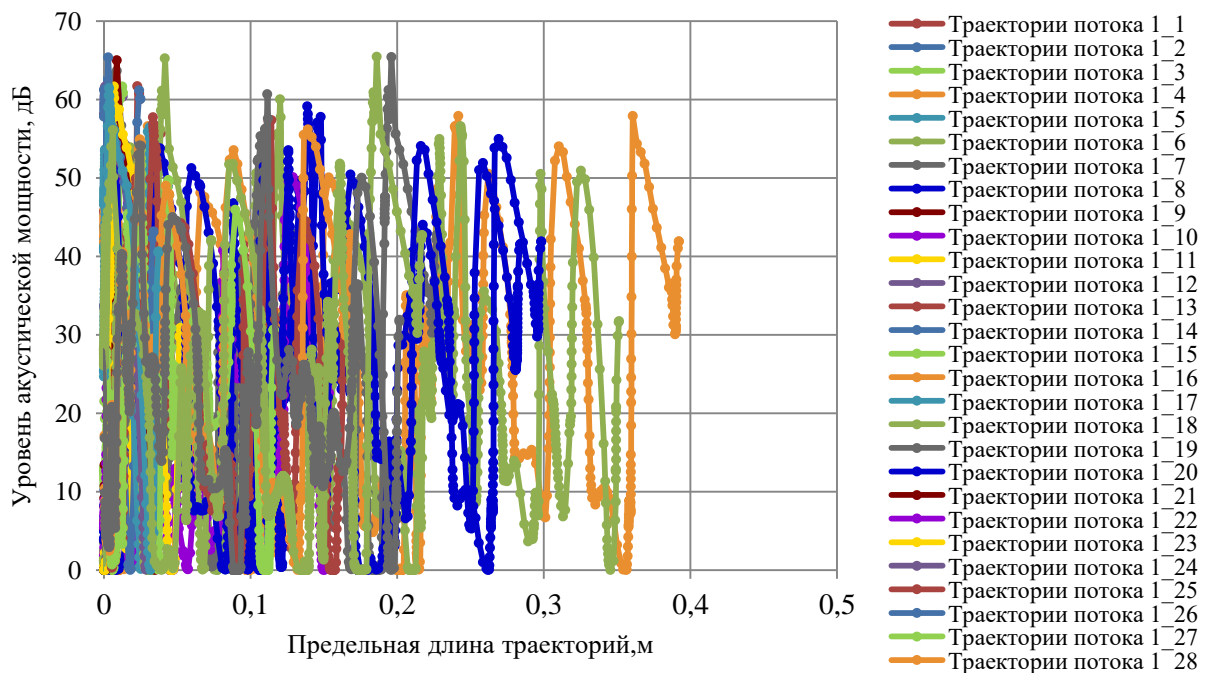


Рисунок 9 – Динамика распределения траекторий потока



Замечено, что характер распределения акустики и давления неравномерный. Акустическая мощность возникает в основном в области заостренной части пластины. В исследуемом объеме можно выделить области с разной акустической мощностью: 1 (53-65 дБ) – желто-оранжевая область, область развитой акустической мощности (или область активной кавитации), происходит местное повышение скорости течения и значительное усиление шума, область расположена вблизи заостренной части пластины; 2 (36-52 дБ) – зеленая область, область начала акустической мощности (или область начала кавитации), небольшое усиление шума за счет схлопывания небольшого количества пузырьков; 3 (23-35 дБ) – бирюзовая область, область зарождающейся акустической мощности, шум еле слышен; 4 (0-22 дБ) – синяя область, область отсутствия акустической мощности и отсутствия пузырьков, шум стихает.

Область активной кавитации при заданных параметрах не значительна. При увеличении перепада подаваемого давления область активной кавитации увеличивается (рисунок 10).

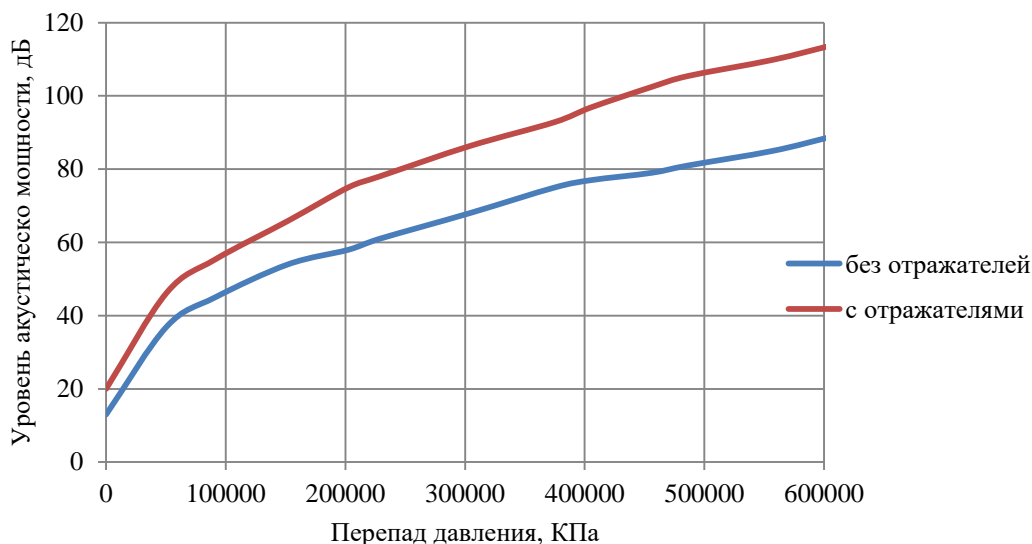


Рисунок 10 – Влияние давления на область активной кавитации

Таким образом, проведено численное моделирование кавитационной обработки моторного топлива в гидродинамическом ультразвуковом излучателе. Установлено, наличие областей с местным понижением давления в потоке жидкости и усиление акустической мощности, что является признаком акустической гидродинамической кавитации. Для создания активной кавитационной области необходим перепад давления не менее 1,5 атм.

#### Литература

1. Бахтин, Б.И. Низкотемпературный крекинг углеводородов в кавитационных ультразвуковых полях (Начало) [Текст] / Б.И. Бахтин [и др.] // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. - 2009. - № 6. — С. 14— 19.
2. Иванов, Е.Г. Механизм нагрева воды при периодической кавитации / Е.Г. Иванов, А.В. Пасин, Е.В. Трегубова // Сельский механизатор. – 2023. – № 1-2. – С. 24-26. – DOI 10.47336/0131-7393-2023-1-2-24-25-26. – EDN QKSCMH.
3. Промтов, М.А. Кавитационная технология улучшения качества углеводородных топлив / М. А. Промтов // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2008. – № 2. – С. 6-8. – EDN ILGQDP.
4. Промтов, М.А. Перспективы применения кавитационных технологий для интенсификации химико-технологических процессов / М.А. Промтов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2008. – Т. 14, № 4. – С. 861-869.
5. Голых, Р.Н. Моделирование процесса формирования кавитационной области в высоковязких и высокодисперсных жидких средах / Р.Н. Голых, В.Н. Хмелев, С.С. Хмелев // Южно-Сибирский научный вестник. – 2012. – № 1(1). – С. 22-26.

УДК 662.75

#### **ПОЛУЧЕНИЕ БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФЕРМЕНТОВ ASPERGILLUS NIGER**

**Ю.В. Мещерякова, к.т.н., А.Ю. Корнев, к.т.н., С.А. Нагорнов, д.т.н., А.П. Ликсутина, к.т.н., И.В. Бусин, к.т.н., Е.Б. Ложкина, м.н.с.**

ФГБНУ ВНИИТиН

г. Тамбов, Российская Федерация

Существующие в настоящее время технологии получения альтернативного биодизельного топлива по способу активации можно разделить на каталитические и безкаталитические. Последние, теоретически, более предпочтительны, т.к. позволяют исключить стадии выделения и регенерации катализатора. Однако молекулы триацилглицеринов имеют низкую реакционную способность и вступают в реакцию со спиртами (чаще всего с метиловым спиртом, который берут в очень большом избытке, молярное соотношение масло: метанол может доходить до 1:60) только в суб- и сверхкритических условиях, требующих чрезвычайно жёстких условий (температура 280 – 350 °С, давление 15 – 20 МПа) [1].

Каталитические способы получения биодизельного топлива различаются природой катализаторов: гетерогенные либо гомогенные катализаторы щелочного или кислотного типа. Несмотря на все преимущества, при проведении гомогенно-каталитического процесса необходима стадия удаления катализатора из продуктов реакции. Это снижает производительность процесса и приводит к образованию большого количества трудно утилизируемых отходов. Кроме того, кислотные и основные катализаторы характеризуются высокой чувствительностью к наличию воды и свободных жирных кислот (СЖК), что накладывает ограничения на качество исходного сырья. Эти проблемы принципиально могут быть преодолены с помощью гетерогенных катализаторов.

Среди гетерогенных катализаторов переэтерификации растительных масел наибольшее распространение получили основные цеолиты, гидротальциты и основания, нанесенные на пористые носители. В качестве катализаторов реакции переэтерификации обычно используют натрий-замещенные цеолиты [2].

Интересным направлением является использование для переэтерификации триацилглицеринов растительных масел ферментов, например внеклеточных или внутриклеточных липаз.

Липазы – ферменты, которые относятся к классу гидролаз, в их присутствии ускоряется гидролиз (разрыв с участием молекулы воды) сложноэфирных связей в молекулах триацилглицеринов; также они могут катализировать реакции этерификации и переэтерификации.

Липазы присущи всем живым объектам, они способны накапливать их значительное количество. Источниками получения ферментов липаз могут быть:

- отдельные органы растений или сами растения. Пророщенное зерно различных злаков (солод) – основной источник ферментов, оно может либо служить материалом для получения ферментных препаратов более очищенных, либо использоваться в качестве технического ферментного препарата;

- поджелудочная железа, железистый желудок крупного рогатого скота, слизистые оболочки их желудков и тонкая кишка животных; липазы могут быть получены путём экстракции из соответствующих органов (телячья липаза, свиная панкреатическая липаза)

- штаммы рекомбинантных и природных микроорганизмов, такие как: актиномицеты, бактерии, дрожжи, грибы. Микроорганизмы производят, не только параллельно целый комплекс ферментов, так и в больших количествах только один фермент [3].

Среди продуцентов липаз, используемых для переэтерификации липидов доминируют грибы [4]. Несколько реже в качестве продуцентов липаз выступают бактерии [5].

Ферментативный катализ синтеза биодизельного топлива позволяет решить несколько проблем, имеющих при использовании щелочного катализа.

Во-первых, можно снизить требования к чистоте сырья. Присутствие воды или СЖК в случае использования липазы (и, соответственно, при отсутствии щёлочи) не будет приводить к образованию мыла. Это позволяет расширить спектр применяемых для синтеза жиров и использовать отработанные фритюрные жиры, отходы рыбного и других производств т.е., экономически выгодное применение липаз видится в первую очередь в переработке масел с высоким кислотным числом.

Во-вторых, использование липаз позволяет получать в качестве побочного продукта чистый глицерин, не загрязнённый щелочью и солями глицерина, что позволяет уменьшить число стадий очистки глицерина и объём промывных вод.

В-третьих, уменьшается число стадий очистки целевого продукта – биодизельного топлива. В продукте отсутствует щёлочь, следовательно, в отличие от традиционных технологий, не требуются стадии нейтрализации и последующей промывки биодизеля, уменьшается объём сточных вод.

В-четвёртых, можно проводить синтез в мягких условиях (атмосферное давление, температура около 40 °С), выше температуру поднимать нельзя, это приведёт к денатурации (разрушению структуры) фермента. С одной стороны, низкая температура процесса позволяет снизить энергозатраты при производстве [6], с другой стороны, это приводит к увеличению времени её протекания до нескольких часов.

В-пятых, иммобилизованную липазу можно использовать повторно, несколько десятков циклов.

К недостаткам липаз на сегодняшний день можно отнести их высокую стоимость, продолжительность реакции, возможность денатурации фермента под действием спиртов. Но характеристики фермента можно улучшить методами генетической инженерии (например, сделать их более термостабильными или устойчивыми к действию спиртов).

Исследование процесса синтеза биодизельного топлива проводили с использованием масла рыжика и липазы в виде сухого ферментного препарата, полученного в результате культивирования селекционированного штамма гриба *Aspergillus niger* (препарат получен путем культивирования выделенного

направленной селекцией природного штамма микроорганизмов без применения технологий генной инженерии). Активность фермента 2000000 ед/г, оптимальный диапазон температур 35 – 55 °С.

Для минимизации химической денатурации фермента в присутствии метанола использовали ступенчатую подачу спирта в реакционную массу. Синтез проводили в химическом стакане, снабжённом капельной воронкой, термометром и магнитной мешалкой с подогревом (рисунок 1). В стакан вносили растительное масло (100 г), затем при перемешивании липазу; полученную реакционную массу нагревали и с помощью капельной воронки порциями по каплям вводили метанол.



Рисунок 1 – Лабораторная установка для синтеза биодизельного топлива и внешний вид реакционной массы после отстаивания

Реакционную массу выдерживали при перемешивании, затем отстаивали не менее 8 часов до отделения слоя глицерина. Внешний вид реакционной массы после отстаивания представлен на рисунке 1. Верхний слой представляет собой смесь биодизельного топлива (метиловых эфиров высших алифатических кислот) и непрореагировавших моно-, ди- и триацилглицеринов; ниже находится слой глицерина, на границе раздела этих слоёв находится взвешенный слой частиц липазы.

Внесение сухой липазы позволяло нам получить биодизельное топливо с выходом не более 15 %. Внесение до 10 % воды от массы масла позволило увеличить выход целевого продукта до 60 %. Дальнейшее увеличение содержания воды в реакционной массе приводило к снижению выхода целевого продукта, вероятно из-за протекания конкурирующей реакции гидролиза и образования свободных жирных кислот.

Ферменты, как и любые катализаторы, не расходуются в ходе реакции, поэтому не требуется их добавление в эквимольных соотношениях. Но выход конечного продукта в определённой степени зависит от концентрации фермента, т.к. от этого зависит число активных центров, в которых и происходит химическое превращение триацилглицеринов растительных масел (собственно реакция трансэтерификации). Использование липазы (по сухому веществу) в количестве 0,5 % от массы растительного масла, вступившего в реакцию, позволило получить биодизельное топливо с выходом 45 % от теоретического. Увеличение количества фермента до 1% позволило увеличить выход до 62 %. Внесение фермента в ещё больших количествах не оказывает влияния на выход биодизельного топлива.

Активность ферментов можно увеличить, добавляя в реакционную массу специальные вещества-активаторы. Известным активатором панкреатической липазы являются соли желчных кислот. Они обладают мощным эмульгирующим действием на жиры, благодаря наличию в их составе как гидрофильных, так и гидрофобных групп, в результате чего крупные капли жира становятся неустойчивыми и распадаются на более мелкие, подвергающиеся гидролизу панкреатической липазой. Кроме того, соли желчных кислот способствуют повышению активности панкреатической липазы: они стабилизируют липазу и предохраняют ее от инактивации на поверхности субстрата.

Добавка желчи в реакционную массу не привела к увеличению выхода биодизельного топлива. Можем сделать вывод, что липаза грибного происхождения не активируется желчными кислотами. А эмульгирующее действие солей желчных кислот не проявляется в присутствии активного механического перемешивания (магнитная мешалка).

Важным фактором, влияющим на скорость химической реакции, является температура. По данным производителя, оптимальный диапазон температур для действия данной липазы составляет 35 – 55 °С, а рабочей областью является температурный интервал 25 – 75 °С. Синтез биодизельного топлива проводили при 30, 40, 50 и 60 °С, время протекания реакции два часа, результаты представлены на рисунке 2. Из полученных данных видно, что наибольший выход (68 %) целевого продукта был достигнут при температуре 40 °С.

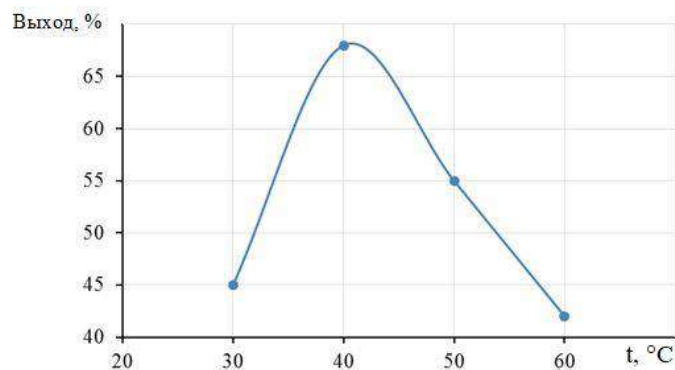


Рисунок 2 – Зависимость выхода биодизельного топлива от температуры

В соответствии с уравнением реакции трансэтерификации, 1 моль триацилглицеринов растительного масла реагирует с 3 моль спирта. Реакцию синтеза биодизельного топлива проводили именно в таком стехиометрическом соотношении. Увеличение количества спирта не привело к увеличению выхода целевого продукта.

Как показали проведённые экспериментальные исследования, наилучшее время протекания реакции – 2 часа. При меньшем времени взаимодействия реагентов выход снижается, при большем – выход продукта не меняется.

Максимальный достигнутый выход биодизельного топлива по реакции трансэтерификации с использованием в качестве катализатора исследуемой липазы составил 68 %. Хроматограмма готового продукта представлена на рис. 3. На ней хорошо видны пики, по времени выхода соответствующие метиловым эфирам маргариноолеиновой, олеиновой, линолевой, эруковой и докозадиеновой кислот. Детектор зарегистрировал также небольшие по площади пики, соответствующие моно-, ди- и триацилглицеринам (время выхода более 30 минут).

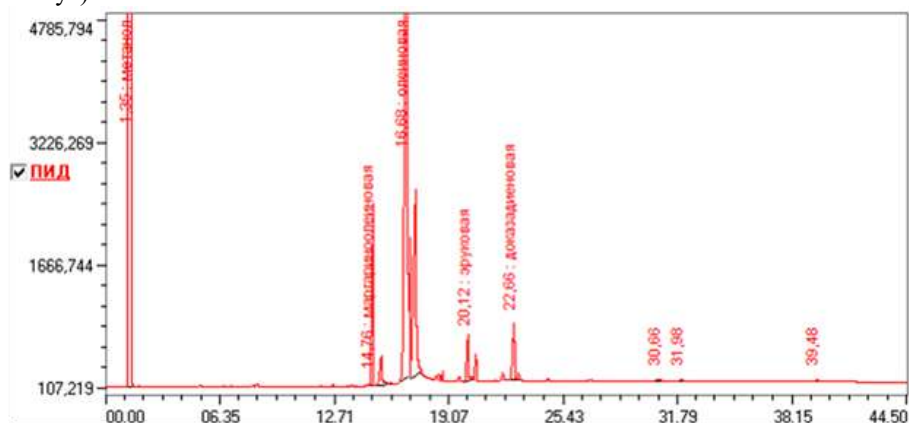
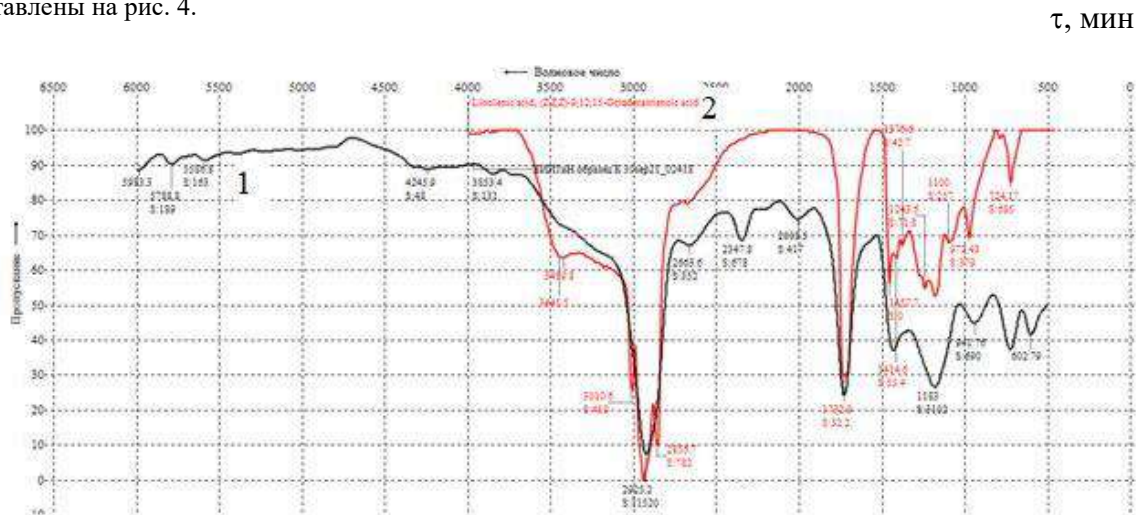


Рисунок 3 – Хроматограмма синтезированного биодизельного топлива

Колебательные спектры исходного масла рыжика и синтезированного биодизельного топлива представлены на рис. 4.



1 – масло рыжика; 2 – биодизельного топлива

Рисунок 4 – ИК-спектры

В спектре синтезированного биодизельного топлива чётко видны характерные для сложных эфиров полосы валентных колебаний карбонильной группы (связи C=O). К ним следует отнести сильную полосу при  $1732\text{ см}^{-1}$ . Для эфиров высших карбоновых кислот характерны также валентные колебания связи C – O в области  $1200 – 1180\text{ см}^{-1}$ . Этим колебаниям в спектре биодизельного топлива соответствует полоса  $1183\text{ см}^{-1}$ , а в спектре масла, вероятно  $1243\text{ см}^{-1}$ . Наличие группы –OCH<sub>3</sub>, симметричные валентные колебания которой обычно располагаются в области  $2850 – 2815\text{ см}^{-1}$  подтверждает полоса при  $2856\text{ см}^{-1}$ .

Для карбоновых кислот колебания карбонильной группы находятся в интервале  $1725 – 1700\text{ см}^{-1}$  (димеры кислот) или при  $1760\text{ см}^{-1}$  (мономеры кислот). Кроме того, для кислот характерны колебания свободной или связанной гидроксильной группы, лежащие в области  $3550 – 3500\text{ см}^{-1}$  (свободная группа),  $3300 – 2500\text{ см}^{-1}$  (широкая слабая полоса связанной гидроксильной группы),  $955 – 890\text{ см}^{-1}$  (любая гидроксильная группа). Поскольку характеристические полосы гидроксильной группы отсутствуют, можно с уверенностью отрицать наличие в смеси свободных карбоновых кислот, которые могли бы образоваться в результате реакции гидролиза, которую также катализирует липаза.

Наличие двойных связей типа CHR = CHR' характеризуется набором соответствующих полос. Полосы деформационных колебаний располагаются, как правило, для транс-изомеров в области  $1310 – 1290\text{ см}^{-1}$ , для цис-изомеров в области  $1420 – 1400\text{ см}^{-1}$ . Полосы валентных колебаний располагаются и для транс- изомеров и для цис-изомеров в области  $3040 – 3010\text{ см}^{-1}$ . Наличие в спектре эфиров полос при  $1414$  и  $3010\text{ см}^{-1}$  позволяют судить о наличии непредельных соединений преимущественно в цис- конфигурации, что характерно для природных жиров. Это свидетельствует о том, что в процессе трансэтерификации с участием липазы цис-транс изомеризация радикалов непредельных кислот не происходит.

Полосу колебаний при  $2925\text{ см}^{-1}$  следует отнести к асимметричным валентным колебаниям групп –CH<sub>2</sub>–; поскольку в исследуемых соединениях присутствуют фрагменты высших алифатических кислот то в спектрах появляются колебания в области  $724\text{ см}^{-1}$ , соответствующие маятнику колебаний нескольких связанных групп –CH<sub>2</sub>–.

Следовательно, в присутствии исследуемой липазы практически все триацилглицерины масла, вступившие в реакцию, прореагировали полностью, до метиловых эфиров высших карбоновых кислот. Относительно низкий выход продукта реакции можно объяснить обратимостью данной реакции. В найденных нами условиях положение динамического равновесия реакции позволяет добиться выхода биодизельного топлива 68 %.

Выводы. Для протекания реакции синтеза биодизельного топлива по реакции трансэтерификации в присутствии в качестве катализатора липазы, выделенной из штамма гриба *Aspergillus niger*, в реакционную массу необходимо вводить воду в количестве 10 % от массы масла; при этом количество сухого фермента – 1 % от массы масла. Наилучший выход (68 %) достигается при температуре  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  и времени реакции 2 часа. Липаза, продуцентом которой является штамма гриба *Aspergillus niger*, не активируется желчными кислотами.

#### Литература

1. Marchetti, J.M. Influence of economical variables on a supercritical biodiesel production process / J.M. Marchetti // *Energy Conversion and Management*. – 2013. – V. 75. – P. 658–663.
2. Wang, Y.Y. High-silica zeolite beta as a heterogeneous catalyst intranesterification of triolein for biodiesel production / Y.Y. Wang, B.H. Chen // *Catalysis Today*. – 2016. – Vol. 278. – № 2. – P. 335-343.
3. Синеокий, С.П. Разработка эффективных продуцентов липаз и новые технологии их использования / С.П. Синеокий // *В мире науки*. – 2006. – № 7. – С. 11-13.
4. Macario, A. Increasing stability and productivity of lipase enzyme by encapsulation in a porous organic-inorganic system / A. Macario, M. Moliner, A. Corma, G. Giordano // *Microporous Mesoporous Mater.* – 2009. – V. 118. – № 1-3. – P. 334-340.
5. Kumari, A. Enzymatic transesterification of Jatropha oil / A. Kumari, P. Mahapatra, V.K. Garlapati, R. Banerjee // *Biotechnol. Biofuels*. – 2009. – V. 2. – № 1. – P. 17-26.
6. Meher, L.C. Technical aspects of biodiesel production by transesterification: A review / L.C. Meher, D.V. Sagar, S.N. Naik // *Renew. Susta in. Energ. Rev.* – 2006. – V. 10(3). – P. 248-268.

УДК 629.721.892.697(022)

#### **ОЧИСТКА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ФИЛЬТРА ОРИГИНАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ**

**Е.А. <sup>1</sup>Улюкина, д.т.н., доцент, А.В. <sup>1</sup>Орешенков, д.т.н., Ф.Е. <sup>2</sup>Шарыкин**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «РГАУ–МСХА имени К.А.Тимирязева»

г. Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России»

г. Москва, Российская Федерация

В агропромышленном комплексе страны дизельное топливо является одним из самых востребованных нефтепродуктов и используется при выполнении большинства сельскохозяйственных (полевых и стационарных механизированных), а также транспортных и вспомогательных работ.

Обеспечение требуемой чистоты топлива при транспортно-складских и заправочных операциях является необходимой частью комплекса мероприятий, повышающих надежность функционирования техники агропромышленного комплекса.

Для удаления из топлива механических примесей, негативно влияющих на работу двигателей сельскохозяйственной техники, используют фильтры с разделительными пористыми перегородками. Одним из недостатков таких устройств [1] является ограниченный ресурс работы фильтрующих элементов (далее – ФЭ) в результате закупоривания пор разделительной перегородки загрязнителями, что требует их периодической замены или регенерации.

Подобного недостатка лишены гидродинамические фильтры, конструкции которых позволяют выполнять непрерывное восстановление разделительных перегородок без остановки процесса очистки топлива: одновременно осуществляются процессы фильтрования топлива через разделительную перегородку и гидродинамического воздействия инерционных сил потока топлива на загрязнения, непрерывно удаляющиеся с поверхности этой перегородки [2]. Однако при работе аналогичных устройств допускается сброс части очищаемого топлива для создания продольного потока вдоль разделительной перегородки.

В большинстве конструкций гидродинамических фильтров [3-5] не удается избежать потери поступающего на сброс очищенного топлива. Кроме того, реализация процесса гидродинамического фильтрования обуславливает значительные габаритные размеры средств очистки, в частности их высоту, что также ограничивает их применения.

Для минимизации такой потери разработана оригинальная конструкция многоканального гидродинамического фильтра (рис. 1), в которой предусмотрен сливной отсек для приема и сепарации загрязненного топлива, что повышает эффективность очистки и снижает количество сбрасываемого топлива до минимальных значений [6].

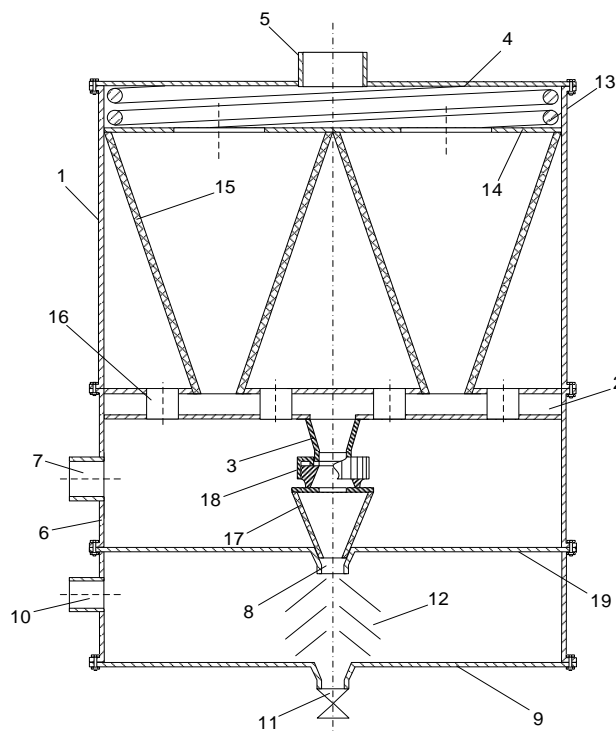


Рисунок 1 - Принципиальная схема многоканального гидродинамического фильтра:

- 1 – корпус; 2 – полое днище; 3 – центральный конический патрубок; 4 – герметичная цилиндрическая крышка;
- 5 – входной патрубок; 6 – насадка; 7 – выходной патрубок; 8 – сливной патрубок; 9 – сливной отсек;
- 10 – рециркуляционный патрубок; 11 – сливной кран; 12 – наклонные пластины; 13 – пружина;
- 14 – плоское основание; 15, 17 – разделительная перегородка; 16 – проходной канал; 18 – накидная гайка;
- 19 – днище цилиндрической насадки

В основу оригинальной конструкции разработанного устройства положен принцип многоканальности, заключающийся в уменьшении высоты ФЭ с  $2n$  перегородками в  $n$  раз в сравнении с моноблочным ФЭ одинаковой пропускной способности. Это достигается благодаря геометрическому подобию их перегородок. В то же время нормированная площадь поперечного сечения ФЭ остается постоянной при сохранении их пропускной способности. Практическая реализация данного принципа позволяет уменьшить габаритные

размеры гидродинамического фильтра и упростить технологию его изготовления, при этом, обеспечивая требуемую пропускную способность и тонкость фильтрования топлива.

В разработанной конструкции гидродинамического фильтра загрязнённое топливо под давлением подаётся во входной патрубке (5), откуда поступает в полость между крышкой (4) и плоским основанием (14), а далее через отверстия основания – в сужающиеся внутренние полости самих ФЭ (15). Очищенное топливо отводится через каналы (16) в насадку (6), неочищенное – создаёт продольный поток, поступающий в полость днища ФЭ (15). Через центральный конический патрубок (3) неочищенное топливо направляется во внутреннюю полость дополнительного ФЭ (17), откуда после очистки отводится через выходной патрубок (7) вместе с очищенным топливом, поступившим через каналы (16).

Оставшаяся концентрированная грубодисперсная система, включающая топливо и частицы механических примесей, повторно фильтруется и разделяется в сливном отсеке (9). Наиболее чистая часть подается через рециркуляционный патрубок (10) для повторного фильтрования, а неочищенная – собирается и удаляется через сливной кран (11).

Для очистки сбрасываемого из дополнительного ФЭ (17) топлива предусмотрен динамический отстойник, конструктивно выполненный в виде пакета наклонных пластин (12), обеспечивающих тонкослойное осаждение загрязнений. При его работе сбрасываемое топливо подводится к перфорированной центральной трубке отстойника, а выход топлива из отстойника осуществляется по периферии пластин (12). Данный подход повышает эффективность очистки, так как скорость потока при его движении по поверхности пластин замедляется, благодаря чему создаются благоприятные условия для осаждения загрязнений и их отвода [7].

В качестве материала перегородки ФЭ в разработанном устройстве были выбраны проволочные сетки по ГОСТ 6613-86 с гидрофобным фторопластовым покрытием, нанесенным специальным методом [8]. Проведено исследование гидравлических характеристик разделительных перегородок, изготовленных из сеток с различным размером ячеек (от № 004 до № 008) и нанесенным гидрофобным покрытием [9]. Испытания проводили на дизельном топливе ДТ-5 ЕВРО, класса 4, вида III по ГОСТ Р 52368-2005 (ЕН 590:2004) с использованием модельных ФЭ.

По результатам испытаний установлено, что все испытываемые образцы ФЭ обладают приемлемыми гидравлическими характеристиками и могут применяться для очистки топлив. Вместе с тем, с учетом современных требований к чистоте топлив, применяемых в агропромышленном комплексе, для дальнейших исследований в качестве разделительной перегородки ФЭ в гидродинамическом фильтре использовали перегородку, изготовленную из сетки № 004 с наименьшими размерами ячеек (пор).

Для уточнения влияния различных факторов на фильтрующие свойства перегородки проведен полный факторный эксперимент, планирование которого по схеме позволяет реализовать возможные комбинации факторов на всех выбранных уровнях [10]. В качестве исследуемых факторов были выбраны угол наклона разделительной перегородки, скорость потока топлива и исходная концентрация механических примесей [11]. При этом область исследования ограничивалась следующими диапазонами варьирования уровней: скорость потока (фактор  $X_1$ ) от 0,01 до 0,15 м/с, угол наклона (фактор  $X_2$ ) от 80 до 90° и концентрация механических примесей (фактор  $X_3$ ) от 50 до 1000 мг/кг. В качестве целевой функции (функции отклика) выбрана концентрация механических примесей ( $C_{осм}^M$ , мг/кг) в топливе после его очистки.

Формирование матрицы планирования эксперимента и обработка результатов исследования выполнены в среде статистического пакета Statgraphics for Windows. В результате исследования процесса очистки топлива проверка адекватности моделей 2-го и 3-го порядка показала отсутствие статистической значимости влияния исследуемых факторов. В тоже время установлена статистическая значимость модели 1-го порядка в результате проведенного дисперсионного анализа. При уровне значимости  $p=0,05$  влияние всех факторов оказалось также статистически значимым, а  $p$ -значение для факторов  $X_1$ ,  $X_2$  и  $X_3$  составило 0,0266, 0,0007 и 0,0001 соответственно.

Также установлено наибольшее влияние скорости потока топлива и относительно меньшее влияние угла наклона разделительной перегородки и исходной концентрации механических примесей на процесс их удаления при гидродинамическом фильтровании [11].

По результатам проведенного исследования построена уточненная регрессионная модель процесса очистки дизельного топлива:

$$C_{осм}^M = -10,9866 - 4,1071 \cdot X_1 + 0,1575 \cdot X_2 + 0,0026 \cdot X_3,$$

где  $X_1$  – скорость потока топлива, м/с;

$X_2$  – угол наклона разделительной перегородки, °;

$X_3$  – исходная концентрация механических примесей в топливе, мг/кг.

С помощью регрессионной модели рассчитаны значения параметров, обеспечивающие наиболее эффективную очистку топлива от механических примесей: скорость потока топлива 0,15 м/с, угол наклона разделительной перегородки 80 ° и исходная концентрация механических примесей 50 мг/кг.

Полученные результаты позволяют на стадии разработки определять технологические условия эксплуатации аналогичных гидродинамических фильтров и закладывать конструктивные показатели ФЭ с обеспечением их наиболее лучшего функционирования, а также выбирать оптимальные параметры и режимы

функционирования устройств, соответствующие нормативным показателям чистоты топлива при эксплуатации сельскохозяйственной техники.

#### **Литература**

1. Коваленко В.П. Очистка нефтепродуктов от загрязнений / В.П. Коваленко, В.Е. Турчанинов – М.: Недра. 1990. – 160 с.
2. Финкельштейн З.Л. Применение и очистка рабочих жидкостей для горных машин. – М.: Недра. 1986. – 233 с.
3. Kovalenko V.P., Galko S.A., Sharykin F.E. Technical solutions for purifying fuels and oils at their life cycle stages // Chemistry and technology of fuels and oils. 2016; 51 (6):623-626. <https://doi.org/10.1007/s10553-016-0649-6>.
4. Улюкина Е.А. Обеспечение чистоты моторного топлива при эксплуатации сельскохозяйственной техники: монография. – М.: МЭСХ. 2018. – 160 с.
5. Установка для очистки жидкостей и газов: Патент RU 2630125 C1, МПК В01D 36/00 (2006.01) / В.П. Коваленко, Ф.Е. Шарыкин, С.А. Галко, Д.У. Думболов, А.В. Тодорив. Заяв. 22.03.2016; опубл. 05.09.2017, Бюл. № 25. EDN: GSVSGW.
6. Многоканальный гидродинамический фильтр: Патент 168131. Российская Федерация, МПК В 01 D 36/00 (2006.01) / В.В. Прошкин, А.Н. Каптюх, Д.Д. Морошан, В.П. Коваленко, А.Ф. Мороз, Р.Г. Мамедов, Ф.Е. Шарыкин; заявл. 04.07.2016; опубл. 18.01.2017, Бюл. № 2.
7. Улюкина Е.А., Львов В.А., Шарыкин Ф.Е. Стохастическая модель предварительной очистки дизельных топлив в многоканальном гидродинамическом фильтре // Наука в центральной России. 2023. Т. 61, № 1. – С. 124-132. <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2023-1-124-132>.
8. Способ изготовления водоотталкивающей перегородки для фильтров-сепараторов: Патент 2706608. Российская Федерация, МПК В 01 D 39/12, В 01 D 29/00(2006.01) / В.Е. Турчанинов, Ф.Е. Шарыкин, А.И. Замятин; заявл. 17.04.2019; опубл. 19.11.2019. Бюл. № 32.
9. Dedov A.V., Likhterova N.M., Sharykin F.E., Ulyukina E.A. Effect of the Rate Filtration by Hydrophobic Grids on the Efficiency of Its Dehydration // Inorganic Materials: Applied Research. 2021; 12 (1):147-150. <https://doi.org/10.3390/data4030103>.
10. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1996. – 297 с.
11. Улюкина Е.А., Орешенков А.В., Шарыкин Ф.Е. Экспериментальные исследования гидродинамического фильтрования дизельного топлива // Агроинженерия. 2023. Т. 25, № 2. – С. 34-40. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2023-2-34-40>.

УДК 621.43.056

### **ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЮ ФОРСУНКИ НА КАЧЕСТВО РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКЕЛА РАСПЫЛА ТОПЛИВА**

**А.Н. Омаров**, к.т.н., **А.М. Биниязов**, к.т.н., **А.А. Кажияхметова**, к.т.н.  
ЧВПОУ «Западно - Казахстанский инновационно - технологический университет»  
*г. Уральск, Республика Казахстан*

**Введение.** Для осуществления факельного метода сжигания жидкого топлива, пользуются специальными устройствами, называемыми форсунками.

Основными функциями форсунок являются:

- 1) подача и регулирование расхода топлива в камеру сгорания;
- 2) распыл топлива;
- 3) смешение распыленного топлива с воздухом и распределение распыленной жидкости в потоке газа;
- 4) создание определенного по форме, длине и направлению факела распыленного топлива.

В соответствии с назначением форсунок к ним предъявляются следующие основные требования:

- обеспечение необходимой тонины распыливания с ее сохранением в заданном диапазоне регулирования производительности форсунки;
- минимальные расходы энергии на распыливание;
- обеспечение заданной длины и корневого угла факела;
- регулирование расхода топлива с максимальным использованием энергии распылителя;
- прочность и компактность конструкции;
- надежность в эксплуатации;

Существующие конструкции форсунок не могут одновременно отвечать всем предъявляемым к ним требованиям. В каждом конкретном случае приходится выбирать тот тип форсунки, который в наиболее полной мере отвечает основным требованиям, предъявляемым к процессу распыливания со стороны технологического процесса, особенно в отношении длины и формы факела. Основным признаком классификации принимается принцип распыливания.



Обеспечение качественной подачи топлива в первичную зону камеры сгорания, является важным процессом влияющим на характеристики выгорания топлива. Поэтому изучение влияния конструкции форсунки на качество смешения, угол распыла и структуру течения топливных струй является актуальной задачей [2].

**Материалы и методы.** В качестве объекта исследования выбрана форсунка ГТД НК-16СТ, работающая на газообразном топливе.

Форсунка (рисунок 1) состоит из корпуса 2, шнека 1 с резьбовой пробкой 3 и дросселирующей шайбы 4.

Корпус форсунки 2 выполнен с внутренним каналом для подвода газа и с дозированным отверстием для выхода газа. Корпус имеет фланец с отверстиями под болты для крепления форсунки к наружному корпусу камеры сгорания и канал с резьбой для установки шнека. Дросселирующая шайба устанавливается для обеспечения необходимого расхода газа через форсунку.

Работа форсунки осуществляется следующим образом: газ поступает из топливного коллектора по трубопроводам в форсунку, проходит по топливному каналу в корпусе форсунки. Попадая на лопатки шнека 1 закручивается и выходит из дозированных отверстий А и, смешиваясь с воздухом, выходящим из завихрителя горелки, поступает в камеру сгорания [6].

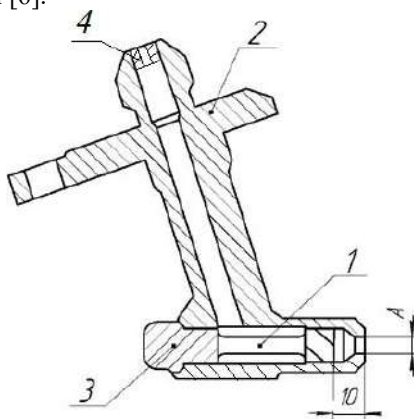


Рисунок 1 - Исследуемые конструктивные варианты форсунки. 1-шнек, 2-корпус форсунки, 3-гайка (заглушка)

Устанавливаемый внутри корпуса форсунки шнек (рисунок 2) представляет собой завихритель с четырьмя лопатками закрученными по винтовой линии правой нарезки, ход- 32 мм, толщина лопаток- 1 мм.

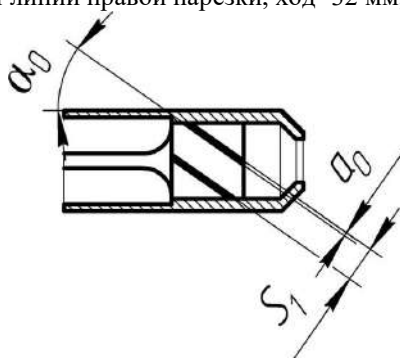


Рисунок 2 - Шнек (завихритель) форсунки  
 $D_{нар.шн.}=10,5$  мм ;  $D_{внутр.шн.}=5$  мм;  $\alpha_0=45^\circ$  ;  $a_0=4$  мм;  $S_1=5$ мм

Определение угла распыливания проводилось на экспериментальной установке, схема которой приведена на рисунке 3. В рабочем участке установки монтируется форсунка и стабилизатор пламени с завихрителем, к которым подводится сжатый воздух. Схемой установки предусматривается отдельное управление подачей сжатого воздуха в воздушную и газовую магистраль. Обе магистрали оборудованы мерными шайбами для определения пропускной способности на различных режимах работы. Для определения скорости потока, перед рабочим участком, в воздушной и топливной магистралях с помощью одноточечной гребенки измеряется полное давление.

Для визуализации картины течения в топливную магистраль устанавливается колба с визуализирующим составом для подмешивания к воздуху. С целью фиксации угла распыла газообразного топлива и смешения осевой линии угла распыливания за форсункой устанавливается экран с градуированной шкалой [7].

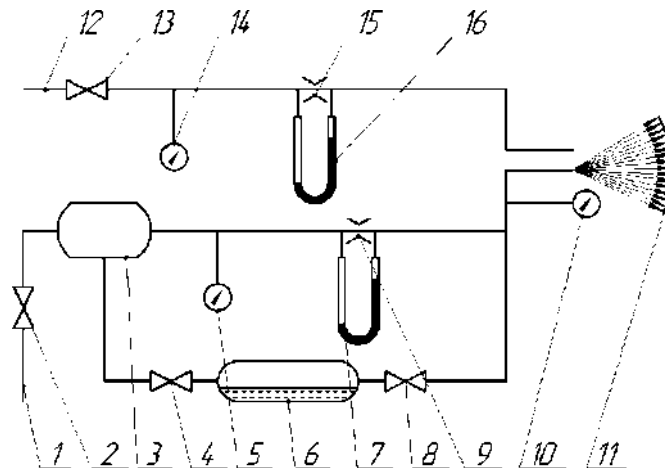


Рисунок 3 - Экспериментальная установка

1- магистраль подачи воздуха к форсунке, 2 - кран, 3 - ресивер, 4 - кран, 5 - манометр, 6 - колба с визуализирующим составом, 7 - пьезометр, 8 - кран, 9 - мерная диафрагма, 10- манометр, 11 - лимб, 12 - магистраль подачи воздуха в завихритель, 13 – кран, 14 – манометр, 15 – мерная диафрагма, 16 – пьезометр.



Рисунок 4 - Распыл топлива

**Результаты и обсуждение.** В ходе проведения экспериментов определить режим работы форсунки, а также угол распыливания топлива. В качестве режимного фактора использовалась степень понижения давления в форсунке [3]:

$$\pi_{фор}^* = \frac{\Delta P_{фор}^* + B}{B} \tag{1}$$

где B- давление окружающей среды,  
 $\Delta P^*_{фор}$  – полное избыточное давление перед форсункой.

Испытания форсунки проводилось с различным положением шнека относительно исходного варианта. Шнек перемещался в осевом направлении на  $\pm 2$  мм, при этом производилась оценка влияния его положения на распыл топлива. Режимные, геометрические параметры и данные по углу распыла занесены в таблицу 1.

Угол распыливания определяется геометрически с помощью аппроксимации границ струи [4].

Таблица 1 - Режимные, геометрические параметры и данные по углу распыла

$\pi_{фор\ c}$	Угол распыливания топлива $\beta_{фор}$ (град.)		
	2 мм от отв. А	Исходное положение	2 мм к отв. А
1.049	27,5	33	34
1.098	27,5	32,5	33,5
1.146	27,5	33	33,5

Аппроксимация границ течения позволяет определить угол выхода струи, который в начальном приближении можно принять за угол распространения газообразного топлива.

Сравнение значений углов распространения газообразного топлива при изменении режима работы форсунки для фиксированного положения шнека показывает, что величина  $\pi_{\text{форс}}$  фактически (в пределах точности обработки результатов эксперимента) не влияет на угол  $\beta_{\text{форс}}$ . Анализ значений углов распространения газообразного топлива для различных положений шнека при неизменном  $\pi_{\text{форс}}$  позволяет сделать предположение об увеличении  $\beta_{\text{форс}}$  при перемещении шнека в сторону выходного отверстия форсунки (рис.1). На основе полученных данных построены зависимости угла распространения газообразного топлива  $\beta_{\text{форс}}$  от расстояния между шнеком и выходном сечении форсунки  $l$  при различных степенях понижения давления в форсунке (рисунок 4).

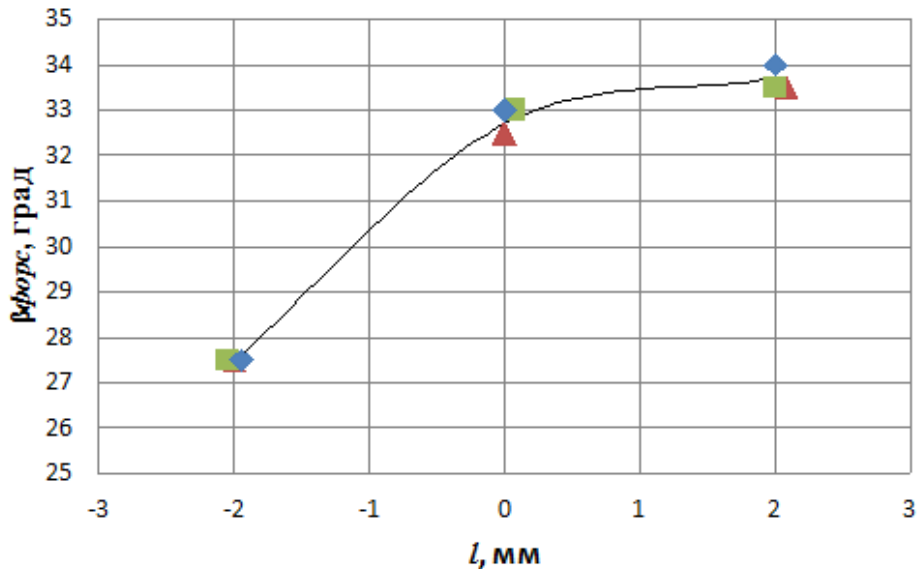


Рисунок 4 - Зависимость угла распространения газообразного топлива  $\beta_{\text{форс}}$  от расстояния между шнеком и выходном сечении форсунки  $l$

■ -  $\pi_{\text{форс}} = 1,049$ ; ▲ -  $\pi_{\text{форс}} = 1,098$ ; ◆ -  $\pi_{\text{форс}} = 1,146$ ;

Для определения влияния диаметра выходного отверстия форсунки на угол распространения струи газообразного топлива, испытывались 3 форсунки с диаметром выходного отверстия 6, 8 и 10 мм. Для проверки расхода газа через данные форсунки на стенде (рисунок 5) проведены их испытания, по результатам которых определены расходные характеристики [5].



Рисунок 5 - Фото стенда испытаний форсунок

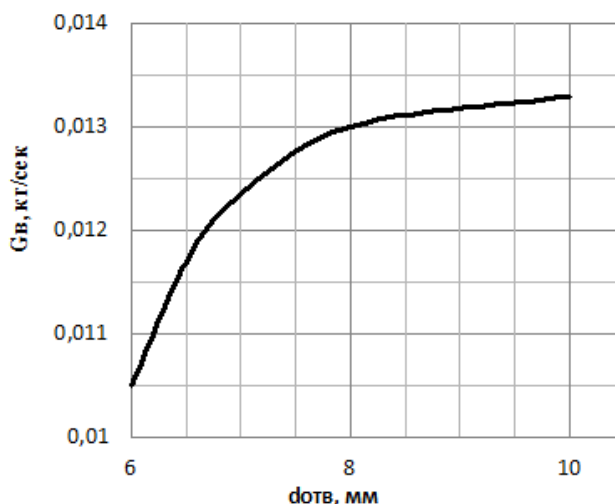


Рисунок 6 - Зависимость расхода воздуха через форсунку от диаметра отверстия в ее выходном сечении

Из рисунка 6, на котором показана зависимость расхода воздуха от диаметра отверстия в выходном сечении форсунки  $G_b=f(d_{отв})$  видно, что с увеличением диаметра выходного отверстия расход воздуха возрастает.

На угол раскрытия струи также влияет увеличение диаметра отверстия форсунки. Из графика (рисунок 7) видно, что с увеличением диаметра выходного отверстия происходит увеличение раскрытия угла распространения струи.

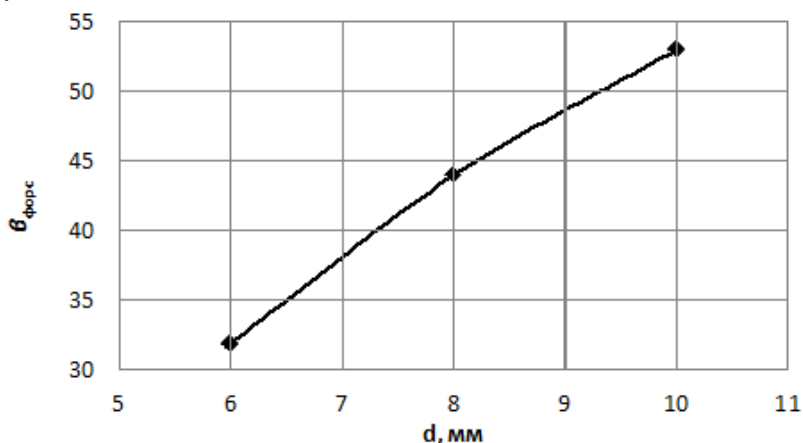


Рисунок 7 - Зависимость угла распространения газообразного топлива  $\beta_{форс}$  от диаметра отверстия в выходном сечении форсунки

#### Заключение.

1. Определено влияние изменения расстояния между шнеком и выходным сечением форсунки на угол расхождения закрученной струи газообразного топлива.
2. Определено влияние изменения диаметра отверстия в выходном сечении форсунки на угол распространения закрученной струи газообразного топлива.
3. Выявлено, что изменение расстояния между шнеком и выходным сечением форсунки не значительно влияет на угол раскрытия закрученной струи, а изменение диаметра отверстия в выходном сечении форсунки существенно влияет на структуру распространения закрученной струи.
4. Определены конструктивные мероприятия, при помощи которых можно влиять на угол конуса выхода газообразного топлива, а значит и формировать необходимые параметры процесса сжигания топлива.

#### Литература

1. Sadiki A., Repp S., Schneider C., Dreizler A., Janicka J. Numerical and experimental investigations of confined swirling combustions flows // Progress in Computational Fluid Dynamics, 2003, vol. 3, no. 2-4, pp. 78 - 88.
2. A.N. Omarov Determination of design parameters of applicators for local processing of sugar beet crops / A.I. Zavrazhnov, A.V. Balashov, S.V. Dyachkov, A.N. Omarov, S.P. Strygin // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2017. №1. pp. 52-56.

3. A.N. Omarov Combined treatment of sugar beet during the plant vegetation / A.N. Omarov, G.M. Zhazykbaeva, A.A. Kazhiyakhmetova, G.M. Kiyassova / Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2022. Vol. 9. No. 1. pp. 30–35. EDN: IHITBN. (In Russ.).
4. А.Н. Омаров Использование параметров установки распылителей на аппликаторе для обработки посевов / Омаров А.Н., Махсоткалиева Д.А. // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 1. С. 36–40. EDN: JRAWCZ.
5. А.Н. Омаров, Теоретическая обоснование применения форсунок с щелевым распылением / Омаров А.Н., Каиргалиев Е.К., Бакыткалиев А.А. / «Инновационная техника и технология», г. Пенза – 2019. - №1(18). - С. 32-38.
6. Данильченко В.П., Лукачев С.В., Ковылов Ю.Л. и др. Проектирование авиационных газотурбинных двигателей. – Самара: Изд-во СНЦ РАН, 2008. - 620 с.
7. Маркушин А.Н., Бакланов А.В. Испытательные стенды для исследования процессов и доводки низкоэмиссионных камер сгорания ГТД // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. С.П. Королева. 2013. № 3(41). С. 131 - 138.
8. А.Н. Омаров, Исследование технического средства для распределения потоков пестицидов / Омаров А.Н., Бралиев М.К., Мухтаров М.У. / «Наука в центральной России», г. Тамбов – 2018. - №5(35). - С. 34-41.
9. А.Н. Омаров Бүріккіштің бүрку бағытының орналасуы мен форсунка бұрышының негіздемесін талдау / Омаров А.Н., Бралиев М.К., Махсоткалиева Д.А. // Вестник ЗКИТУ. 2021. № 3(19) С. 29- 33.
10. А.Н. Омаров, Technology and technical means for the care of crops of a sugar beet / Омаров А.Н., Мухтаров М.У., Рамазанова К.М. / VII Международной научно-практической конференции «Инновации природообустройства и защите в чрезвычайных ситуациях» Саратов, РФ 17–19 марта 2020 г. - С. 370-375.

УДК 621.3.036

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ СВОЙСТВ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА С ПОМОЩЬЮ МЕХАНОАКТИВИРОВАННЫХ ПРИСАДОК НА ОСНОВЕ $Al_2O_3$ и $MoS_2$**

**М.М.А. Захиват, А.В. Щегольков, к.т.н., доцент, Н.В. Земцова**  
ФГБОУ ВО ТГТУ

*г. Тамбов, Российская Федерация*

Улучшение свойств дизельного топлива является важной научно-технической задачей, которая позволит снизить экономические затраты предприятий, активно эксплуатирующих автотранспортную технику, что связано с потенциальным увеличением ресурса двигателя внутреннего сгорания (ДВС) и снижением расхода топлива. Одним из эффективных методов улучшения свойств топлива является использование различных типов присадок. Топливные присадки – это вещества, улучшающие сгорание топлива в цилиндре, обеспечивающие экономию топлива и снижающие вредные выбросы выхлопных газов [1]. Из научных исследований следует [2], что проводятся разработки по добавлению специальных присадок в различных соотношениях в смеси дизельного и биодизельного топлива для улучшения их свойств. К настоящему времени проведены исследования возможности использования различных спиртов, таких как этанол, метанол, пропанол, бутанол, гексанол, гептанол, пентанол, октанол и деканол, в качестве топливных присадок к дизель-биодизельным топливным смесям для улучшения эксплуатационных характеристик дизельного топлива СІЕ и снижения выбросов [2].

Имеет место добавление наночастиц оксида алюминия ( $Al_2O_3$ ) в дизельное топливо [3]. Добавление  $Al_2O_3$  в топливные смеси позволяет увеличить давление в цилиндрах, снизить выбросы CO, HC и  $NO_x$ , дымность и  $CO_2$ .

Повышение эффективности присадок на основе  $Al_2O_3$  может быть достигнуто за счет применения углеродных нанотрубок [4]. Включение  $Al_2O_3$  наноприсадок в двигатель RCCI приводит к снижению удельного энергопотребления на 5%, что демонстрирует более высокую энергоэффективность двигателя [5].

В работе [6] показано, что ZnO и  $MoS_2$  в виде наночастиц могут улучшить трибологические характеристики дизельного топлива. Анализируя значения коэффициента трения и линии шероховатости поверхности изнашивания (Ra), оптимальная концентрация наночастиц ZnO и  $MoS_2$  составила около 0,4 мас.% и 0,7 мас.% соответственно.

Следует отметить, что наибольшее значение имеет улучшение трибологических характеристик дизельного топлива зимних видов, так как удаление парафинов ухудшает смазывающие качества дизельного топлива.

Цель исследований – разработка технологических подходов для улучшения свойств дизельного топлива с помощью механоактивированного  $Al_2O_3$  и  $MoS_2$ .

**Методика и материалы.** Для измельчения и активирования  $Al_2O_3$  и  $MoS_2$ , а также равномерного распределения  $Al_2O_3$  и  $MoS_2$  в дизельном топливе используется аппарат вихревого слоя (ABC) [7]. Основной задачей ABC является измельчение дисперсной структуры в управляемом режиме. Применение ABC разделено на две стадии, которые включают: сухое перемешивание и механоактивирование, а также механоактивирование и перемешивание в дизельном топливе. Отличие двух стадий механоактивирования заключается в различной

мощности электромагнитного поля, которое воздействует на тела помола. При этом максимальное воздействие электромагнитного поля на тела помола реализуется на стадии сухого механоактивирования, а минимальное – на стадии введения в дизельное топливо с целью устранения процессов деструкции в топливе. Для регулирования электромагнитного поля, воздействующего на тела помола, использованы частотные регуляторы (TOSHIBA VFAS3 4015PC ND; 2,2 кВт; 400В, Япония).

Возможность формирования через АВС потока дизельного топлива и одновременную засыпку  $Al_2O_3$  и  $MoS_2$  позволяет совместить стадии активирования и измельчения  $Al_2O_3$  и  $MoS_2$  с распределением в дизельном топливе.

Технологические стадии измельчения и активирования  $Al_2O_3$  и  $MoS_2$  с последующим введением и распределением в дизельном топливе показаны на рисунке 1.

Для проведения тестовых испытаний противоизносных присадок  $Al_2O_3$  и  $MoS_2$  для дизельного двигателя ЯМЗ-238 использовался прибор КГА-8 газоанализатор, который позволил определить содержание СН в выхлопных газах. Использовано летнее дизельное топливо (ДТ) (ООО «Лукойл»).

#### Результаты тестовых испытаний присадок на основе $Al_2O_3$ и $MoS_2$ для дизельного топлива.

Проведенные тестовые испытания присадок  $Al_2O_3$  и  $MoS_2$  для дизельного двигателя ЯМЗ-238 позволили оценить их эффективность на показатели экологичности ДВС (содержание СН в выхлопных газах). На рисунке 2 показано изменение содержания СН в выхлопных газах ЯМЗ-238 при различных значениях концентрации  $Al_2O_3$  и  $MoS_2$  в дизельном топливе. Присадки позволяют снизить содержание СН в выхлопных газах, а оптимальная концентрация находится на значении  $Al_2O_3$  и  $MoS_2$  равном 0,04 мас.% (соотношение  $Al_2O_3$  к  $MoS_2$  1:1), что является экономически целесообразным и эффективным с точки зрения улучшения экологических параметров дизельного двигателя.

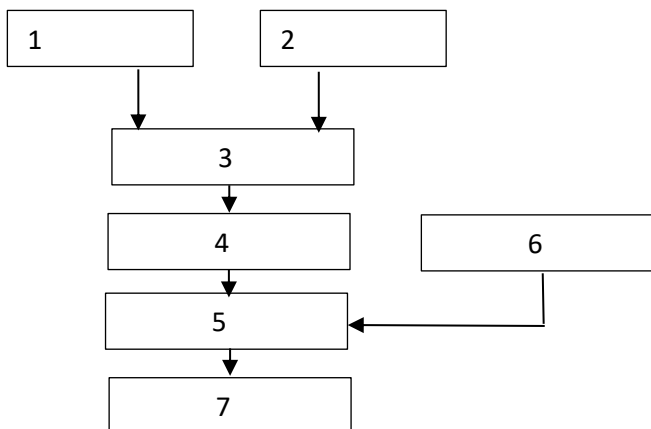


Рисунок 1 - Технологические стадии: 1 – емкость с дозатором для хранения  $MoS_2$ ; 2 – емкость с дозатором для хранения  $Al_2O_3$ ; 3 – смеситель; 4 – АВС для механоактивации в сухом состоянии; 5 – АВС для механоактивации в дизельном топливе; 6 – емкость для хранения дизельного топлива с дозатором; 7 – емкость для хранения дизельного топлива с  $Al_2O_3$  и  $MoS_2$

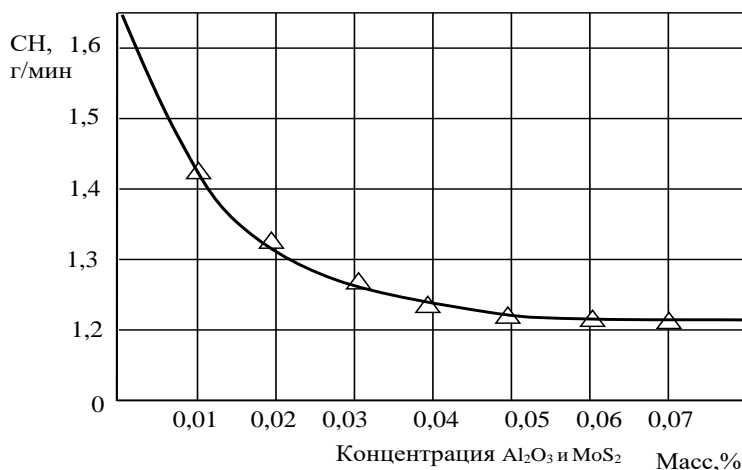


Рисунок 2 - Зависимость содержания СН в выхлопных газах от концентрации  $Al_2O_3$  и  $MoS_2$

**Выводы.** Разработаны технологические подходы для улучшения свойств дизельного топлива с помощью механоактивированного  $Al_2O_3$  и  $MoS_2$ . Применение АВС разделено на две стадии, которые включают: сухое перемешивание и механоактивирование, а также механоактивирование и перемешивание в дизельном топливе. Применение двух стадий механоактивирования позволяет использовать различные мощности электромагнитного поля, которое воздействует на тела помола. При этом максимальное воздействие электромагнитного поля на тела помола в АВС реализуется на стадии сухого механоактивирования, а минимальное – на стадии введения в дизельное топливо с целью устранения процессов деструкции в топливе. Для регулирования электромагнитного поля, воздействующего на тела помола, использованы частотные регуляторы. Присадки позволяют снизить содержание СН в выхлопных газах, а оптимальная концентрация находится на значении  $Al_2O_3$  и  $MoS_2$  равном 0,04 мас.%, что является экономически целесообразным и эффективным с точки зрения улучшения экологических параметров дизельного двигателя.

**Благодарности.** Работа выполнена при поддержке управления образования и науки Тамбовской области в рамках Соглашения №2/МУ2022 о предоставлении гранта по проекту №МУ 2022-02/5 областного конкурса «Гранты для поддержки прикладных научных исследований молодых ученых 2022 года».

#### Литература

1. Wang Y., Yang H., Liang X., Song H., Tao Z. Effect of metallic lubricant additives on morphology, nanostructure, graphitization degree and oxidation reactivity of diesel particles // *Chemosphere*. – 2022. – V. 306. – P. 135588. – DOI: 10.1016/j.chemosphere.2022.135588.
2. Iliev S.A. Comparison of Ethanol, Methanol, and Butanol Blending with Gasoline and Its Effect on Engine Performance and Emissions Using Engine Simulation // *Processes*. – 2021. – V. 9. – P. 1322. – DOI: 10.3390/pr9081322.
3. Aalam C.S., Saravanan C.G., Kannan M. Experimental investigations on a CRDI system assisted diesel engine fuelled with aluminium oxide nanoparticles blended biodiesel // *Alexandria Engineering Journal*. – 2015. – V. 54(3). – P. 351-358. – DOI: 10.1016/j.aej.2015.04.009.
4. Tomar M. Effect of multi-walled carbon nanotubes and alumina nano-additives in a light duty diesel engine fuelled with schleichera oleosa biodiesel blends // *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. – 2020. – V. 42. – P. 100833. – DOI: 10.1016/j.seta.2020.100833.
5. Lionus L.G.M., Chrispin D.M., Ravikumar J., Murugapooopathi S., Srinivasan D., Mukilarasan N. Experimental evaluation and neural network modelling of reactivity-controlled compression ignition engine using cashew nut shell oil biodiesel-alumina nanoparticle blend and gasoline injection // *Energy*. – 2023. – V. 282. – P. 128923. – DOI: 10.1016/j.energy.2023.128923.
6. Mousavi S.B., Heris S.Z., Estellé P. Viscosity, tribological and physicochemical features of ZnO and  $MoS_2$  diesel oil-based nanofluids: An experimental study // *Fuel*. – 2021. – V. 293. – P. 120481. – DOI: 10.1016/j.fuel.2021.120481.
7. Дроздова Е.Г., Захиват М.М.А., Земцова Н.В., Евдокимова С.Ю. Устройство для механоактивации  $MoS_2$  и МУНТ используемых в качестве присадок в моторные масла // *Инновационные научные исследования в современном мире. Сборник трудов по материалам XIII Всероссийского конкурса научно-исследовательских работ*. Уфа. – 2023. – С. 66-71.

УДК 620.197

#### ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ОТРАБОТАННОГО МАСЛА ДЛЯ ПРОТИВОКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ СТАЛИ

В.А. <sup>1</sup>Брыксина, аспирант, Л.Г. <sup>2</sup>Князева, д.х.н., Н.А. <sup>2</sup>Курьято, м.н.с., А.В. <sup>2</sup>Дорохов, к.х.н.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО ТГУ им. Г.Р. Державина

<sup>2</sup>ФГБНУ ВНИИТиН

г. Тамбов, Российская Федерация

**Введение.** Сталь и её сплавы, имея достаточно широкое применение в различных сферах промышленности и сельского хозяйства. Борьба с коррозией в сельском хозяйстве, на которое приходится 10 % от общего металлофонда нашей страны, является довольно актуальной задачей, которой было посвящено множество работ [1-7]. Поскольку сельскохозяйственная техника в осенне-зимние периоды не находится в эксплуатации, необходимо принимать меры для защиты её от коррозии. Основными климатическими факторами, влияющими на изменение качественного состояния сельскохозяйственной техники в условиях открытого хранения, являются среднегодовые значения относительной влажности воздуха и концентрации сернистого газа. Они оказывают наиболее существенное влияние на интенсивность коррозионного износа. Для сохранения сельскохозяйственной техники в работоспособном состоянии эффективным и экономичным методом является использование ингибиторов коррозии (ИК).

С этой целью предлагается использование композиций на основе отработанного моторного масла (ММО), поскольку по данным исследований Russian Automotive Market Research по итогам 2021 года видно, что в

общей сложности в стране было продано порядка 900 млн литров моторных масел, но на переработку, по данным разных авторов, в РФ в год собирается всего лишь до 2-3 млн тонн [8]. Оработанные моторные масла являются отходами третьего класса опасности и могут стать источником загрязнения окружающей среды при попадании на почву, в реки, канализацию.

Целью данной работы является изучение эффективности противокоррозионной защиты стали Ст3 композициями на ММО с добавлением ИК (0-10 масс. %): отечественных парафина П-2 (0-10 масс. %), импортных комбинированных добавок Cortec VpCI-369, M-531 (производитель компания Cortec Corporation, USA, на территории России официальным представителем компании является общество ООО «Картек Рус»). Импортные ИК имеют в свое составе, помимо маслорастворимого, летучие компоненты, что должно повысить эффективность их действия в труднодоступных местах.

Для нанесения покрытия образцы опускали в ванну консервации на 10 сек., после чего оставляли на воздухе в подвешенном вертикальном положении на 1 сутки для стекания избытка масляной композиции и формирования защитной пленки [7].

Проводили сравнительные коррозионные испытания в 0,5 М растворе NaCl (ГОСТ 9.042-75). Скорость коррозии рассчитывали по потере массы образцов в процессе эксперимента по формуле:

$$K = \frac{\Delta m}{S \cdot \tau},$$

где  $\Delta m$  - потеря массы образца, г;  $S$  – площадь поверхности, м<sup>2</sup>;  $\tau$  – длительность испытаний, часы.

Защитное действие определяли по формуле:

$$Z = \frac{K_0 - K_1}{K_0} \cdot 100 \%,$$

где  $K_0$ ,  $K_1$  – скорости коррозии в отсутствие и при наличии пленки исследуемых составов.

Испытания в термовлагокамере образцов из Ст3 проводили в течение 40 суток в следующем режиме: 8 часов при 100 % относительной влажности воздуха и температуре 40 °С, 16 часов при закрытой и отключенной камере. Периодически проводили визуальную оценку образцов на предмет появления продуктов коррозии на поверхности.

**Результаты и их обсуждение.** В таблице 1 представлены результаты испытаний в 0,5М NaCl. По полученным данным можно отметить, что с увеличением концентрации добавки наблюдается рост защитной эффективности. Добавление добавок 3-5 масс. % недостаточно. Наибольшая эффективность достигается при добавлении в ММО 10 масс. % парафина ( $Z = 94 \%$ ),  $Z = 69 \%$  (VpCI-369),  $Z = 96 \%$  (M-531).

Таблица 1 - Коррозионные испытания стальных образцов с покрытиями из композиции на основе масла М10Г<sub>2</sub>к с добавлением ингибиторов коррозии.

Покрытие		M-531		Cortec VpCI-369		парафин	
масло	ИК	K, (г/м <sup>2</sup> ·ч)	Z, %	K, (г/м <sup>2</sup> ·ч)	Z, %	K, (г/м <sup>2</sup> ·ч)	Z, %
Без покрытия		0,0414	-	0,1229	-	0,0812	-
М10Г <sub>2</sub> к	0	0,0240	42	0,0590	52	0,0399	51
	3	0,0224	46	0,0553	55	0,0410	48
	5	0,0145	65	0,0406	67	0,0394	52
	7	0,0091	78	0,0381	69	0,0314	61
	10	0,0016	96	0,0381	69	0,0052	94

Результаты испытаний в термовлагокамере в течение 960 ч приведены в таблице 2. Можно отметить, что в данных условиях эффективны оказались все композиции.

Таблица 2 - Коррозионные испытания стальных образцов с покрытиями из композиции на основе масла М10Г<sub>2</sub>к с добавлением ингибиторов коррозии.

Покрытие		M-531		Cortec VpCI-369		парафин	
масло	ИК	K, (г/м <sup>2</sup> ·ч)	Z, %	K, (г/м <sup>2</sup> ·ч)	Z, %	K, (г/м <sup>2</sup> ·ч)	Z, %
Без покрытия		0,0409	-	0,1225	-	0,0385	-
М10Г <sub>2</sub> к	0	0,0010	97	0,0159	87	0,0007	98,3
	3	0,0006	98	0,0002	99	0,0005	98,8
	5	0,0001	≈ 100	0,0001	≈ 100	0,0002	99,4
	7	0,0001	≈ 100	0,0001	≈ 100	0,0001	99,6
	10	0,0001	≈ 100	0,0001	≈ 100	0,0001	99,6

Однако, по результатам гравиметрических коррозионных испытаний в 0,5М растворе хлорида натрия при продолжительности эксперимента 336 ч. защитная эффективность масляных композиций на основе отработанного масла, содержащих добавки ниже, чем после испытаний в камере тепла и влаги. Вероятнее всего, причина заключается в отрицательном влиянии хлорид-ионов, отсутствующих при испытаниях в термовлагокамере.



**Заключение.** Подводя итоги, можно сказать, что в агрессивном солевом растворе и в условиях термовлагокамеры наиболее эффективны оказались композиции, содержащие 10 масс. % добавки. Также стоит отметить, что отечественная контактная присадка парафин П-2 может конкурировать с импортной комбинированной М-531 и Cortec VpCI-369 в масляных композициях для использования их с целью противокоррозионной защиты стали.

#### **Литература**

1. Десятков Ю.В., Терентьев В.В., Латышёнков М.Б. К вопросу защиты от коррозии сельскохозяйственной техники при хранении // Сб. науч. тр. 50-летию РГСХА посвящается. – Рязань, 1998. – С. 184-185.
2. СОХРАНЯЕМОСТЬ И ПРОТИВОКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА ТЕХНИКИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ Черноиванов В.И., Северный А.Э., Зазуля А.Н., Прохоренков В.Д., Петрашев А.И., Вигдорович В.И., Князева Л.Г. Москва, 2009.
3. Шемякин А.В., Терентьев В.В., Латышёнков М.Б., Гайдуков К.В., Зарубин И.В., Подьяблонский А.В., Кожин С.А., Кирилин А.В. Повышение эффективности противокоррозионной защиты стыковых и сварных соединений сельскохозяйственных машин консервационными 172 материалами // Известия Юго-Западного государственного университета – Курск, 2016. – № 2. – С. 87-91.
4. Князева Л.Г., Дорохов А.В., Курьято Н.А., Прохоренков В.Д. Исследование эффективности составов на основе CORTEC VpCI-368 и CORTEC VpCI-369 для противокоррозионной защиты сельскохозяйственной техники // Наука в центральной России. - 2019. - № 5. - С. 69-80.
5. Мяло О.В., Колосевич Е.К., Рауш А.А. Совершенствование консервационных составов для защиты от атмосферной коррозии сельскохозяйственной техники в период хранения // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. – 2017. – № 1(8). – С. 1-6.
6. Вигдорович, В.И. Коррозия и защита металлов летучими ингибиторами в условиях животноводческих помещений: монография / В.И. Вигдорович, Л.Е. Цыганкова, Л.Г. Князева и др.- Тамбов. Издательство Першина Р.В., 2019. - 185 с.
7. Knyazeva L.G., Tsygankova L.E., Dorokhov A.V., Kur'yato N.A. Protective efficiency of oil compositions with Cortec VpCI-368D // International Journal of Corrosion and Scale Inhibition. – 2021. – Vol. 10. – Iss. 2. – P. 551-561.
8. Булаев С.А. Переработка и выбор моторных масел на примере немецкого предприятия // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – №9. – С. 206-208.

УДК 620.197

#### **ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОСТАВОВ НА ОСНОВЕ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА ДЛЯ ПРОТИВОКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ**

**Н.А.<sup>1</sup>Курьято, м.н.с., Л.Г.<sup>1</sup>Князева, д.х.н., В.А.<sup>2</sup>Брыксина, аспирант, Л.Д.<sup>2</sup>Родионова, аспирант**

<sup>1</sup>ФГБНУ ВНИИТиН

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО ТГУ им. Г.Р. Державина

г. Тамбов, Российская Федерация

**Введение.** Сталь является универсальным строительным материалом, широко используемым во многих областях. Однако стальные металлоконструкции могут быть повреждены различными механическими, структурными или химическими факторами, из которых коррозия является наиболее распространенной. Коррозия вызывает структурные повреждения оборудования и деталей из металлов и сплавов на строительных предприятиях, в нефтехимической переработке, добыче руды, производстве удобрений, производстве энергии и других промышленных объектах, что приводит к перебоям в потоках, утечкам токсичных веществ и остановкам заводов, простоям производства и значительным расходам на ремонт.

Борьба с коррозией в сельском хозяйстве, на которое приходится 10 % от общего металлофонда нашей страны, является довольно актуальной задачей, которой было посвящено множество работ [2-9].

Поскольку использование сельскохозяйственной техники носит сезонный характер, в осенне-зимние периоды она не находится в эксплуатации. Основными климатическими факторами, влияющими на изменение качественного состояния сельскохозяйственной техники в условиях открытого хранения, являются среднегодовые значения относительной влажности воздуха и концентрации сернистого газа. Они оказывают наиболее существенное влияние на интенсивность коррозионного износа. Для сохранения сельскохозяйственной техники в работоспособном состоянии в нерабочие периоды эффективным и экономичным методом является использование ингибиторов коррозии (ИК). Хотя существует множество методов ингибиторной защиты сталей, использование для этих целей составов на основе отработанного масла с добавлением ИК является наиболее простым, экономичным и эффективным методом.

Целью данной работы является изучение эффективности противокоррозионной защиты стали композициями на основе трансформаторного масла с добавлением отечественного парафина П-2 (0-10 масс. %).

Для приготовления состава, масло нагревали до 70 °С, чтобы растворить парафин, далее его охлаждали до температуры среды. Для нанесения покрытия образцы опускали в ванну консервации на 10 сек., после чего оставляли на воздухе в подвешенном вертикальном положении на 1 сутки для стекания избытка масляной композиции и формирования защитной пленки [10].

Проводили сравнительные коррозионные испытания в 0,5 М растворе NaCl (ГОСТ 9.042-75). Скорость коррозии рассчитывали по потере массы образцов в процессе эксперимента по формуле:

$$K = \frac{\Delta m}{S \cdot \tau},$$

где  $\Delta m$  - потеря массы образца, г;  $S$  – площадь поверхности, м<sup>2</sup>;  $\tau$  – длительность испытаний, часы.

Защитное действие определяли по формуле:

$$Z = \frac{K_0 - K_1}{K_0} \cdot 100 \%,$$

где  $K_0, K_1$  – скорости коррозии в отсутствие и при наличии пленки исследуемых составов.

Поляризационные измерения проводили с использованием потенциостата IPC-Pro MF в потенциодинамическом режиме со скоростью развертки потенциала 0,66 мВ/с в электрохимической ячейке, масляное покрытие на электродах выдерживали в течении 15 минут.

**Результаты и их обсуждение.** На рисунке 1 приведены полученные поляризационные кривые в 0,5 М NaCl на стали марки Ст3.

Как видно из таблицы 1, стационарный потенциал стального образца  $\approx 0,477$  В, а ток коррозии  $\approx 0,028$  А/м<sup>2</sup>.

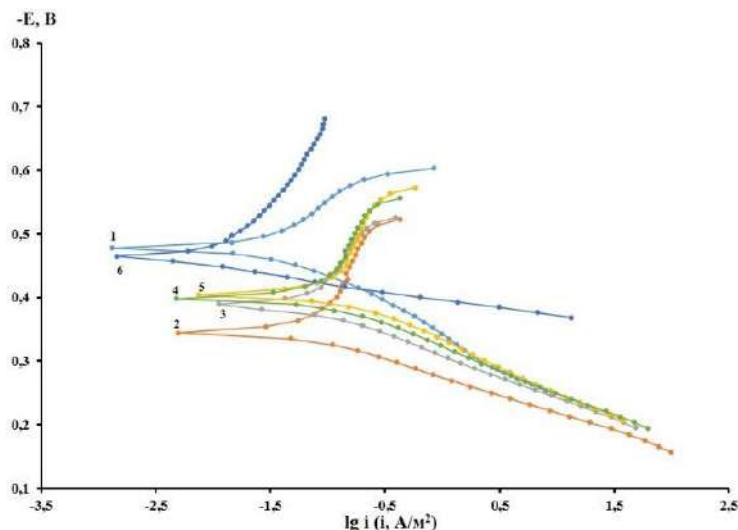


Рис 1. Поляризационные кривые стали, покрытой защитными составами: 1 – Покрытие отсутствует; 2 – Трансформаторное масло, 3 – 6 Трансформаторное масло с добавлением парафина 1-10 масс. %

Снижение тока коррозии наблюдается лишь при нанесении пленки 10 % парафина в трансформаторном масле, что может объясняться тем, что с ростом концентрации парафина сокращается время формирования покрытия и образующееся покрытие имеет большую толщину  $h$  (таблица 2). Защитное действие данного состава составляет порядка 65 %. Также можно отметить торможение как катодного, так и анодного процессов.

Таблица 1 - Результаты электрохимических испытаний композиций на масляной основе.

Покрытие	$-E_{корр}, В$	$i_{корр}, А/м^2$	$b_a, В$	$b_k, В$	$Z, \%$
Без покрытия	0,477	0,0280	0,079	0,116	-
Трансформаторное масло	0,35	0,0649	0,061	0,157	С*
1% парафина в трансформаторном масле	0,393	0,0749	0,06	0,15	С*
3% парафина в трансформаторном масле	0,412	0,0749	0,067	0,193	С*
5% парафина в трансформаторном масле	0,415	0,1000	0,074	0,304	С*
10% парафина в трансформаторном масле	0,459	0,0097	0,025	0,0173	$\approx 65$

С\* - стимулирование коррозии

Из результатов весовых испытаний (таблица 2) видно, что покрытие из одного лишь масла не эффективно использовать для защиты стали, но с добавлением парафина наблюдается рост защитной эффективности. Наибольшим защитным действием обладает состав, содержащий 10% парафина  $\approx 62\%$ .

Таблица 2 – Результаты гравиметрических испытаний стальных образцов в 0,5 М NaCl и толщин покрытия.

Покрытие	h, мкм	K, (г/м <sup>2</sup> ·ч)	Z, %
Без покрытия	-	0,0890	-
Трансформаторное масло	-	0,0734	17,5
1% парафина в трансформаторном масле	$\approx 21,8$	0,0639	28,2
3% парафина в трансформаторном масле	$\approx 83,7$	0,0536	39,8
5% парафина в трансформаторном масле	$\approx 105$	0,0467	47,5
10% парафина в трансформаторном масле	$\approx 332$	0,0332	62,7

Некоторые расхождения в значениях, полученных гравиметрическим и электрохимическим методами, объясняются разной продолжительностью испытаний: в первом случае время экспозиции составило 15 минут, во втором – 14 суток и разными условиями формирования покрытий.

С ростом концентрации парафина в трансформаторном масле от 1 до 10 масс. % защитная эффективность покрытия возрастает на 34,5 %.

**Заключение.** Можно отметить, что содержание добавок 1-5 масс. % недостаточно для должной защиты углеродистой стали. Добавление 10 масс. % ИК повышает эффективность составов до  $\approx 65\%$ .

#### Литература

1. Каблов Е.Н., О.В Старцев, И.М. Медведев Обзор зарубежного опыта исследования коррозии и средства защиты от коррозии // Авиационные материалы и технологии. – 2015. – №2. – С. 76-87.
2. Десятов Ю.В., Терентьев В.В., Латышёнок М.Б. К вопросу защиты от коррозии сельскохозяйственной техники при хранении // Сб. науч. тр. 50-летию РГСХА посвящается. – Рязань, 1998. – С. 184-185.
3. СОХРАНЯЕМОСТЬ И ПРОТИВОКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА ТЕХНИКИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ Черноиванов В.И., Северный А.Э., Зазуля А.Н., Прохоренков В.Д., Петрашев А.И., Вигдорович В.И., Князева Л.Г. Москва, 2009.
4. Шемякин А.В., Терентьев В.В., Латышёнок М.Б., Гайдуков К.В., Зарубин И.В., Подъяблонский А.В., Кожин С.А., Кирилин А.В. Повышение эффективности противокоррозионной защиты стыковых и сварных соединений сельскохозяйственных машин консервационными 172 материалами // Известия Юго-Западного государственного университета – Курск, 2016. – № 2. – С. 87-91.
5. Курьято Н.А., Брыксина В.А., Родионова Л.Д., Князева Л.Г. Защитная эффективность масляных композиций с парафином // Наука в центральной России. – 2022. – № 6(60) – С. 120-128.
6. Князева Л.Г., Дорохов А.В., Курьято Н.А., Прохоренков В.Д. Исследование эффективности составов на основе CORTEC VpCl-368 и CORTEC VpCl-369 для противокоррозионной защиты сельскохозяйственной техники // Наука в центральной России. - 2019. - № 5. - С. 69-80.
7. Князева Л.Г., Петрашев А.И., Клепиков В.В., Дорохов А.В., Зарапина И.В. Мазутные составы для защиты сельскохозяйственной техники от атмосферной коррозии // Наука в центральной России. - 2018. - № 4. - С. 65-73.
8. Мяло О.В., Колосевич Е.К., Рауш А.А. Совершенствование консервационных составов для защиты от атмосферной коррозии сельскохозяйственной техники в период хранения // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. – 2017. -№1(8). - С. 1-6.
9. Вигдорович, В.И. Коррозия и защита металлов летучими ингибиторами в условиях животноводческих помещений: монография / В.И. Вигдорович, Л.Е. Цыганкова, Л.Г. Князева и др.- Тамбов. Издательство Першина Р.В., 2019. - 185 с.
10. Knyazeva L.G., Tsygankova L.E., Dorokhov A.V., Kur`yato N.A. Protective efficiency of oil compositions with Cortec VpCl-368D // International Journal of Corrosion and Scale Inhibition. – 2021. – Vol. 10. – Iss. 2. – P. 551-561.



