



ФГБОУ ВО Российский
государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева



Институт механики и энергетики
имени В.П. Горячкина

РЕИНЖИНИРИНГ И ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНО - ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Сборник статей Московской международной межвузовской
научно-технической конференции студентов, магистрантов,
аспирантов и молодых ученых
(г. Москва, 19-20 декабря 2023 г.)



Посвященной 100-летию со дня рождения
ветерана Великой Отечественной Войны,
заслуженного деятеля науки и техники,
заслуженного изобретателя РФ,
д.т.н., профессора
Николая Федоровича Тельнова

(19.12.1923 – 26.12.2005 гг)

Москва, 2024

УДК 631.3-1/-9: 62-192

ББК 30.1(3)

Р 352

Под редакцией:

Ерохин Михаил Никитьевич — академик Российской академии наук, доктор технических наук, профессор кафедры сопротивления материалов и детали машин Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»

Дидманидзе Отари Назирович — академик Российской академии наук, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой тракторов и автомобилей Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»

Апатенко Алексей Сергеевич — доктор технических наук, и.о. директора института механики и энергетики В.П. Горячкина, заведующий кафедрой технического сервиса машин и оборудования Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»

Р 352 Реинжиниринг и цифровая трансформация эксплуатации транспортно-технологических машин и робото-технических комплексов: сборник статей Московской международной межвузовской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых (г. Москва, 19-20 декабря 2023 г.), посвященной 100-летию со дня рождения ветерана Великой Отечественной Войны, заслуженного деятеля науки и техники, заслуженного изобретателя РФ, д.т.н., профессора Николая Федоровича Тельнова; под ред. М.Н. Ерохина, О.Н. Дидманидзе, А.С. Апатенко. Том 2 – М-во образования и науки Рос. Федерации, М-во сельск. хоз. Рос. Федерации, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева. — Электрон. дан. и прогр. (37,0 Мб). — Москва: Изд-во ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, 2024 – 488 с.

ISBN 978-5-9675-2022-8

В сборнике представлены результаты научных исследований студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых по результатам проведенной в Московской международной межвузовской научно-технической конференции «Реинжиниринг и цифровая трансформация эксплуатации транспортно-технологических машин и робото-технических комплексов», посвященной 100-летию со дня рождения ветерана Великой Отечественной Войны, заслуженного деятеля науки и техники, заслуженного изобретателя РФ, д.т.н., профессора Николая Федоровича Тельнова.

Сборник предназначен для студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений, может использоваться в учебном процессе.

*Доклады публикуются в авторской редакции.
Авторы опубликованных докладов несут ответственность
за достоверность приведенных в них сведений.*

© ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА
имени К. А. Тимирязева, 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

СЕКЦИЯ: «ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА»

<i>Алексеевко Е. В.</i> Исследование методики выбора ремонтных боксов для устройства на предприятиях в условиях крайнего севера и Арктики.....	10
<i>Бурак П. И., Голубев И. Г.</i> Состояние и обновление парка сельскохозяйственной техники.....	14
<i>Ермаков Д. В., Школьников П. Н., Поликутина Е. С.</i> Повышение эффективности процесса боронования почвы.....	19
<i>Корягин В. С.</i> Использование электропривода трактора для работы в помещениях с ограниченной вентиляцией.....	23
<i>Пляка В. И.</i> Особенности определения показателей для сеялки сплошного высева.....	28

СЕКЦИЯ: «СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ МАШИНЫ. ЦИФРОВЫЕ И РОБОТИЗИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ»

<i>Бахарев Д. Н., Бурнукин А. Е.</i> Пути уменьшения габаритных размеров аксиально-роторного молотильно-сепарирующего устройства для зерноуборочного комбайна.....	32
<i>Густов Д. Ю., Скель В. И.</i> Роботизация, цифровизация и виртуализация складских помещений.....	36
<i>Дубайлова Т. С.</i> Умные материалы в робототехнических комплексах....	41
<i>Ерохин Д. С., Алимуратов А. А., Кудласевич Р. А.</i> Классификация рабочих органов для первичной и дополнительной обработок почвы при вводе залежных земель.....	45
<i>Зунин А. А., Акелин Н. А., Старолатко Т. Ю.</i> Разработка и применение vr-программ для обучения по устройству и эксплуатации сельскохозяйственной техники.....	50
<i>Карасев Н. А.</i> Анализ средств и способов применения технологий радиочастотной идентификации (rfid) в птицеводстве.....	54
<i>Кондратьев А. В., Кочканян С. М., Лысенко Т. И.</i> Изучение процесса вычесывания растительных остатков на желобообразном валковом сепараторе.....	58
<i>Михеев М. А., Потапенков Н. А., Перевертайлов А. С.</i> Основы интеллектуализации выращивания семенного материала клубнеплодов в искусственных условиях.....	63

<i>Мартынова Н. Б., Якобсон Б. Б., Кулиев М. С.</i> Разработка отвального кустореза для подготовки земель к сельскохозяйственному освоению....	68
<i>Михайлова М. А., Новиков М. А.</i> Совершенствование зерновой сеялки для неконтактного вибровнесения семян и удобрений.....	72
<i>Русинов А. В., Русинов Д. А.</i> Снижение воздействия искусственного дождя на почву.....	77
<i>Смелик В. А., Муханов Н. В., Марченко С. А.</i> Моделирование температурного градиента в зерновом слое камерной сушилки.....	82
<i>Смелик В. А., Попов А. Д.</i> Цифровое устройство контроля влажности и температуры зерна при полсеуборочной обработке.....	87
<i>Сторчевой В. Ф., Гуров Д. А., Кабдин Н. Е., Судник Ю. А., Белов М. И.</i> Эффективность применения способа озонирования дезинфицирующего раствора для стимуляции и роста растений с учетом конструктивных особенностей системы озонирования.....	91
<i>Фирсов А. С., Белякова Е. С., Черникевич Ю. Ю.</i> Планирование лабораторно-полевых исследований высевальной системы для мозаичного посева.....	98

СЕКЦИЯ: «ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЯГОВО-ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ»

<i>Карлюк А. П., Еднач В. Н., Щурин К. В.</i> Энергетическая оценка молекулярного взаимодействия в структуре углеводородного топлива...	104
<i>Михеев А. В., Васильев Д. А.</i> Элементы системы автоматического регулирования положения центра давлений гусеничного трактора.....	111

СЕКЦИЯ: «ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА»

<i>Анашин Д. В.</i> Игровые формы обучения для интенсификации сельскохозяйственного производства.....	117
<i>Волкова С. Н.</i> Цифровизация процесса проектирования сборочного чертежа	121
<i>Пастухов А. Г.</i> Реализация дистанционного обучения на основе электронной системы.....	126
<i>Медведева М. А.</i> Методика преподавания инженерно-графических дисциплин с использованием цифровых технологий.....	132
<i>Попов И. А.</i> Разработка конструкторской документации для кормораздатчика в КОМПАС-3D.....	137
<i>Потемкин Р. А., Стушкин В. Ю.</i> Применение 3-D сканирования при изготовлении деталей с.-х. техники.....	141
<i>Читчян К. Д., Кушнарёва Д. Л.</i> Проектирование объектов в папоСАD	144

СЕКЦИЯ: «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ»

<i>Блуд М. П.</i> Перспективы использования смарт-материалов в цифровой трансформации эксплуатации машин.....	149
<i>Густов Ю. И., Воронина И. В., Кай А. А.</i> Исследование свойств сталей по уравнению относительных прочностных и пластических показателей	153
<i>Густов Ю. И., Степанов М. А., Кабаков А. В.</i> Нормализация работы механизма тяговый канат-шкив ограничителя скорости лифта.....	158
<i>Емельянов А. А.</i> Определение адгезионной прочности полимерных кремнийорганических покрытий с различными типами наполнителей...	162
<i>Кононенко П. А.</i> Свойства адгезии полимерных материалов.....	166
<i>Кузьмин Д. Г.</i> Расчет мощности деформации при закатке баллонов.....	171
<i>Макаров Н. А.</i> Определение верхних оценок мощности пластической деформации.....	177
<i>Матвиенко С. А., Байдак И. А., Мальцев Д. В.</i> Концепция повышения долговечности клапанов двигателей внутреннего сгорания.....	183
<i>Мухин В. В.</i> Износостойкость ремонтных композитов на основе дисперсных и волокнистых наполнителей, в зависимости от условий хранения.....	187
<i>Овсянникова Е. А.</i> Применение современных полимеров в сельскохозяйственной отрасли.....	192
<i>Пупкова Д. А., Вергазова К. Я.</i> Методика оценки износостойкости тонкослойных функциональных покрытий.....	196
<i>Рожков Ю. Н.</i> Упрочнение ножей сельскохозяйственных машин твч-борированием.....	202
<i>Соболь О. В., Греднев Д. С., Полошков Д. Н.</i> Различные виды кристаллизации на примере систем эвтектического типа.....	206
<i>Фролова С. А., Миськевич А. С., Свириденко С. А.</i> Кластерная структура равновесных и неравновесных твердых растворов.....	210
<i>Янута А. С., Корнейчук Н. И.</i> Влияние условий осаждения на состав и структуру электролитического железо-хромового покрытия.....	214

СЕКЦИЯ: «ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА»

<i>Басов С. С.</i> Устройство для упрочнения шнеков экструдеров диффузионным борированием в обмазках в ТВЧ.....	219
<i>Белоусов Д. В., Эртек М. А.</i> Перспективные технологии упрочнения шнеков кормовых экструдеров.....	223

<i>Бобров М. Н.</i> Разработка опытного образца системы изменения вектора потока струи приточного воздуха.....	227
<i>Васильев Я. В., Гусева А. В.</i> Моделирование статического осаждения свежееуложенных слоев строительными 3d-принтерами.....	232
<i>Казанцев С. П., Пляка В. И., Логачёв К. М.</i> Тенденции развития рынка износостойких покрытий в российской федерации.....	236
<i>Махинова Е. Ю., Анисимов А. А., Скороходова А. Н.</i> Устройство для сбора корневых выделений аллелопатически активных растений.....	240
<i>Мельников П. О.</i> Повышение ресурса уплотнительных устройств валов сельскохозяйственной техники.....	245
<i>Самуков Н. Д., Фофлин Д. И.</i> Разработка лабораторного стенда для ресурсно-динамических испытаний рабочих органов сельскохозяйственной техники в животноводстве.....	250
<i>Серов Н. В., Серов А. В.</i> Устранение течей радиаторов сельскохозяйственных машин и техники газодинамическим напылением порошкового материала.....	254
<i>Скороходов Д. М., Опалев Д. А.</i> Изготовление рабочих органов типа «звездочка» методом FDM 3D прототипирования при модернизации сельскохозяйственной техники.....	260
<i>Скороходов Д. М., Чупятов Н. Н., Павлов А. С.</i> Анализ современных смесителей-кормораздатчиков и их рабочих органов.....	265
<i>Шишкова С. Г.</i> Об увеличении прибыли и снижении затрат в производстве: проблемы и решения.....	270

СЕКЦИЯ: «ИННОВАТИКА В ТЕХНИЧЕСКОМ СЕРВИСЕ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ»

<i>Артёменко А. И., Котомчин А. Н.</i> Анализ отказов деталей гидропривода специализированного автотранспорта.....	274
<i>Бочков А. Д.</i> Состояние и перспективы 3D-печати запасных частей из полимерных материалов для лесных машин.....	278
<i>Бубнова С. О.</i> Роль смарт- материалов в реинжиниринге эксплуатации машин.....	284
<i>Быков В. В., Голубев М. И., Спицын И. А.</i> Возможности реверс-инжиниринга деталей лесохозяйственной и сельскохозяйственной техники.....	287
<i>Вергун В. И.</i> Условия работы и применяемость подшипников качения....	291
<i>Голиков Д. И.</i> Интеллектуализация технического сервиса в АПК.....	296

<i>Дедюлин В. Л., Корсаков Н. А.</i> Интеллектуальное ремонтное оборудование для негабаритных конструкций автомобильных кранов...	300
<i>Забабурин Е. С.</i> Организация службы то и ремонта на месте работы машин.....	304
<i>Занько М. А.</i> Диагностика неисправностей тормозной системы на основе модели структурного анализа.....	308
<i>Иванов А. А., Бикбулатова Ю. Д., Красавин И.</i> Разработка конструкции лыжного модуля для мотобуксировщика.....	312
<i>Карлюк А. П., Еднач В. Н., Шурин К. В.</i> Косвенные методы оценки эффективности магнитной активации топлива.....	319
<i>Катаев Ю. В., Тишанинов И. А.</i> Диагностировании ДВС сельскохозяйственной техники с использованием цифровых технологий	326
<i>Котомчин А. Н., Зорин В. А.</i> Влияние условий подготовки поверхности детали перед нанесением хромового покрытия на качество восстановления деталей машин.....	331
<i>Купцов Р. Д.</i> Анализ и обзор существующих методов очистки деталей двигателя внутреннего сгорания сельскохозяйственной техники.....	335
<i>Лешаков И. А., Ерофеев М. Н.</i> Практическое применение синтетических углеводов на сельхозтехнике.....	340
<i>Липатова К. П.</i> Вопросы ремонтно-технологических линий по восстановлению шеек коленчатого вала.....	348
<i>Пенчук В. А., Сидоров В. А.</i> Модели ступенчатых переходов в развитии технического состояния механического оборудования.....	352
<i>Пенчук В. А., Сидоров А. В., Сидоров В. А.</i> Требования к данным об отказах оборудования.....	358
<i>Прокофьев М. М.</i> Повышение работоспособности и ресурса ходовой части гусеничного трактора при капитальном ремонте.....	362
<i>Саятин А. С., Петрищев Н. А., Пестряков Е. В.</i> Информационно-диагностические средства для мониторинга технического состояния....	367
<i>Тельнова О. А.</i> Проектирование участка технического сервиса дизельной топливной аппаратуры.....	371
<i>Тимашов Е. П.</i> Проблемы создания устройств для автоматической диагностики узлов механических трансмиссий.....	374
<i>Титов В. А.</i> Эффективность применения датчика расхода топлива.....	379
<i>Чепоров И. В.</i> Реинжиниринг бизнес-процессов: факторы успеха и причины неудач.....	383

**СЕКЦИЯ: «НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ В СИСТЕМАХ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ»**

<i>Медведев Е. В., Бирюков М. П.</i> Оптимальный электропривод насосных установок.....	389
<i>Пестова И. А.</i> Повышение эксплуатационной надежности кондуктометров в производстве.....	393

**СЕКЦИЯ: «СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ В
ТЕПЛОТЕХНИКЕ, ГИДРАВЛИКЕ И ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИИ
ПРЕДПРИЯТИЙ»**

<i>Аппазов Э. Е., Павлушин С. А.</i> Нанотехнологии и их потенциал их использования в теплотехнике предприятий.....	398
<i>Ботнарь М. И., Войтович Е. В., Лушин К. И.</i> Природоподобные технологии терморегулирования и климат контроля для производственных помещений.....	403
<i>Ботнарь М. И., Войтович Е. В.</i> Импортозамещающие сплин системы кондиционирования зданий различного назначения.....	408
<i>Воронцов И. Н., Шевкун В. А.</i> Система управления нагревательными элементами.....	412
<i>Ляшов А. С., Рулев Д. С., Драный А. В.</i> Методы снижения энергозатрат в системах вентиляции и кондиционирования.....	416
<i>Осмонов О. М., Таханов М. П.</i> Реинжиниринг биогазовой технологии организацией гидродинамических возмущений в метантенке.....	420
<i>Подъяблонская Д. О., Рудобахта С. П.</i> Анализ кинетики сушки яблочной кожуры.....	424
<i>Рудобахта С. П., Кривицкий А. О.</i> Влияние широты местности на эффект испарительного охлаждения животноводческого помещения...	428
<i>Таничев Д. В.</i> Повышение эффективности работы трансформаторов за счет использования их избыточного тепла.....	433
<i>Шевкун Н. А., Шевкун В. А., Кожевникова Н. Г.</i> К вопросу экспериментальных исследований потерь давления воздушного потока в рекуперативной теплоутилизационной установке.....	437

СЕКЦИЯ: «МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ»

<i>Бурова М. Д.</i> Применение контрольных карт для оценки качества хлебобулочных изделий.....	441
<i>Буряк Н. И.</i> Применение подходов управления качеством при производстве мяса перепелов.....	445
<i>Видникевич С. М.</i> Цифровые технологии для машиностроительных предприятий.....	449
<i>Гайворонская А. А.</i> Осорбенности контроля крепежных изделий при поступлении их на ремонтное предприятие.....	453
<i>Голеницкий П. В., Черкасова Э. И., Антонова У. Ю.</i> Цифровой подход к построению производственных процессов.....	457
<i>Зимогорский В. К.</i> Основные дефекты блока цилиндров двигателя ЯМЗ и их контроль при ремонте.....	460
<i>Колесникова О. В.</i> Средства, методы и инструменты для мониторинга процессов системы менеджмента качества на приборостроительном предприятии.....	465
<i>Лазарь В. В.</i> Оценка уровня качества вертикально – хонинговальных станков.....	468
<i>Нестеркин Г. А.</i> Выбор вида упрочнения методом ППД поверхности вала под манжету при ремонте машин.....	472
<i>Нефедова М. С., Нефедова М. С.</i> Применение информационных технологий для обеспечения безопасности продукции переработки зерна.....	476
<i>Пасько В. А.</i> Особенности оценки качества при ремонте техники.....	479
<i>Фролова Д. А., Нефедова М. С.</i> Контроль качества крепежных изделий.	484

СЕКЦИЯ: «ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА»

УДК 531.8

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИКИ ВЫБОРА РЕМОНТНЫХ БОКСОВ ДЛЯ УСТРОЙСТВА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА И АРКТИКИ

Алексеев Е. В., аспирант,

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет – ГАСУ, г. Санкт-Петербург, РФ

Аннотация. Произведен анализ вариантов ремонтных боксов, рассмотрены преимущества и недостатки ремонтных боксов в условиях Арктики и Крайнего Севера Российской Федерации. Произведено исследование и анализ критериев выбора ремонтных боксов для предприятий.

Ключевые слова: Мобильный бокс, пневмоангар, быстровозводимая конструкция, Крайний Север, Арктика.

Введение. В настоящее время, эффективность ремонтных боксов является одним из наиболее важным решением проблемы ремонта строительно-дорожных машин в условиях крайнего севера и Арктики, которая позволит сократить количество как плановых, так и внеплановых ремонтов. Данный вопрос имеет огромное значение, учитывая сложности и особенности работы в таких экстремальных климатических условиях. На протяжении последних лет, специалисты в области строительства и инженерии постоянно занимаются разработкой и усовершенствованием ремонтных боксов, чтобы обеспечить их эффективное функционирование в таких условиях. Это включает в себя использование специальных материалов и технологий, а также учет всех особенностей климатического режима и экстремальных температур. При этом, необходимо учитывать также доступность и удобство использования ремонтных боксов, чтобы обеспечить комфортные условия работы для специалистов и эффективное проведение ремонтных работ.

Как показывают исследования, изменение температурного режима в Арктике представляют особый интерес для многих предприятий. Постепенное понижение средней температуры воздуха влечет за собой увеличения количества предприятий, а также увеличивается заселенность ее территорий [1-3]. Но несмотря на потепления в данном регионе суровые климатические условия присутствуют в полной мере, ограничивающие комфортные условия для работы

строительно-дорожных машин. Поэтому, при выборе ремонтных боксов предприятием, занимающимся производством в этих местах, должно учитывать эти изменения и обеспечивать необходимым вариантом боксов относительно количества парка машин и возможных затрат. Например, от количества в предприятии строительно-дорожных машин зависит размер ремонтного бокса. Также при существовании необходимости уложиться в кратчайшие сроки, предприятие должно сделать упор на специальные системы подачи воздуха, чтобы увеличить скорость возведения бокса.

Цель исследования: исследовать методику выбора ремонтных боксов для устройства на предприятиях в условиях Крайнего Севера и Арктики.

Ремонтные боксы – это быстровозводимые конструкции, предназначенные для обслуживания парка машин, а также может использоваться под складское помещение (рис. 1).



Рис. 1 - Надувной ремонтный бокс для обслуживания и ремонта СДМ

Виды ремонтных боксов. Существует три вида ремонтных боксов, где во всех трех случаях присутствует усиленная ПВХ ткань, выступающая в роли укрываемого слоя боксов, способная защитить от холодов до -60 градусов по Цельсию.

1. Надувной (пневматический) ремонтный бокс/ангар - имеет арочную форму, металлический каркас отсутствует. Опорой конструкции служит воздух, находящийся между двумя слоями ПВХ ткани. Преимущества данного вида заключаются в том, что данный бокс очень прост в логистике и в сборке.

Быстровозводимый ангар представляет собой надувную конструкцию, выполненную из армированных ПВХ материалов, состоящую из формообразующих пневмобаллонов, торцевых стенок с дверными проемами пневматических ворот, соединённых в единую конструкцию и укрытых сверху сборной оболочкой из ПВХ ткани.

Пневмоангар является надувной конструкцией, несущим и стабилизирующим элементом в которой является воздух с небольшим избыточным давлением [4-5].

Основной отличительной особенностью пневмоангаров, от других быстровозводимых конструкций, является отсутствие необходимости фундамента для монтажа, то есть, распланированной территории. Установка надувных ангаров производится небольшим количеством людей в кратчайшие сроки без использования каких-либо специальных механизмов и подъемной техники. Команда из 12 рабочих может развернуть ангар за два или три дня. Если рассматривать бокс меньшего размера, то за день, максимум два.

Для поддержания надувного ангара в постоянном режиме работают электровентиляторы, что обеспечивает пневмоангарам устойчивость к механическим повреждениям, порезам, разрывам.

2. Воздухоопорный. Данный вид также держится за счет воздуха, что и надувной бокс, но основное отличие заключается в подаче воздуха, которое располагается внутри самого бокса. Избыточное давление создается непосредственно внутри помещения, специальной техникой, то есть, боксы оснащены системой поддержки воздушной подушки, которая создает плотное уплотнение между боксом и землей, обеспечивая теплоизоляцию и защиту от холода. Это позволяет сохранять оптимальную температуру внутри бокса, что в свою очередь повышает эффективность проведения ремонтных работ. Они также обладают высокой герметичностью и защищают от ветра, снега и других атмосферных условий, что увеличивает их долговечность и надежность.

3. Каркасные ремонтные боксы - наиболее востребованы, поскольку не требуют дополнительного оборудования для полноценного функционирования. Элементы каркаса соединяются при помощи болтов, что позволяет с легкостью производить монтаж и демонтаж конструкции в любое время. Тентовая ПВХ ткань долговечна, не требует особого ухода, легко ремонтируется в случае повреждения. При использовании необходимой техники и оборудования, количество которого определяется спецификой конструкции, бригада рабочих в состоянии собрать тентовый ангар за период от трех до семи дней.

Результаты исследования. В Табл. №1 изображены одни из многих основных критериев, от которых предприятие может отталкиваться при выборе ремонтных боксов. Как видно, во всех трех случаях есть основной важный фактор – мобильность конструкции и быстрота возведения, а также наличие утолщенной ткани из ПВХ. Также данные виды ремонтных боксов притягивают своей дешевизной. Только в первых двух видах существуют затраты на спец. технику, которая необходима для постоянного поддержания подачи воздуха.

Но как описывалось выше, наиболее востребованным ремонтным боксом является каркасный. Несмотря на его наименьший срок службы и на наличие металлического каркаса данный бокс не уступает в готовой цене и

дополнительных затрат на электроэнергию для систем подкачки, что вызывает существенный интерес для предприятий [6].

Таблица 1.

п/п	Критерии	Вид ремонтных боксов		
		Надувной (пневматический)	Воздухоопорный	Каркасный
1	Мобильность	+	+	+
2	Необходимость в фундаменте	-	-	+
3	Наличие утолщенной ПВХ ткани	+	+	+
4	Наличие металл. каркаса	-	-	+
5	Необходимость в системе подачи воздуха для поддержания сооружения	+	+	-
6	Необходимость в спец. техники при монтаже	-	-	+
7	Самостоятельное поддержание температурного режима	-	+	-
8	Срок возведения/сборки, дни	1-3	2-4	3 - 7
9	Срок службы, лет	15	10-15	3-5
10	Стоимость за м ² бокса, тысяч рублей	19-23	2,5 - 10	2,5 - 7
11	Стоимость системы подачи воздуха, тысяч рублей	300-500	100-300	-

Вывод. В целом, при выборе ремонтного бокса предприятию необходимо понимать готовность затрат на данный вид сооружений, а также количество единиц в его парке строительных машин, разбросанность по территории и сроки выполнения работ. При сопоставлении этих всех средств с критериями выбора ремонтных боксов удастся сделать правильный вариант для бесперебойного ремонта и обслуживания строительного-дорожного машин в Арктике и крайнем севере, что является важным фактором для успешной реализации проектов в этих регионах.

Библиографический список

1. Н.Л. Фролова, М.Ю. Лычагин, А.А. Сазонов, А.А. Лисина, Ф.А. Романенко, Г.В. Суркова, В.В. Мацковский, М.М. Платонов, О.И. Ломаков Изменение климата в российской Арктике: исследования в рамках проекта "климатическая экспедиция российского экологического общества" в архангельской области в 2021 году, 2021. 1 с.

2. Климовский Н.В., Морева О.Ю., Матвеев Н.Ю. К вопросу о сезонной изменчивости распределения биогенных элементов в устьевой области р. Северная Двина // Глобальные проблемы Арктики и Антарктики. 2020.
3. Левшин, А. Г. Развитие мобильной энергетики с учётом агротехнологических ограничений / А. Г. Левшин, И. Н. Гаспарян, И. Г. Голубев // Агроинженерия. – 2023. – Т. 25, № 4. – С. 26-32. – DOI 10.26897/2687-1149-2023-4-26-32. – EDN BGHYWD.
4. Ардеев В. Н., Покатилов А. В. Экспертиза качества выполнения работ по возведению пневмокаркасного сооружения, расположенного на разрезе «заречный», 2023 г. 1 с.
5. Калабин Ю.Л. Проблемы эксплуатации бескаркасных арочных ангаров, 2020.
6. Инновационный подход в развитии транспортной инфраструктуры агропромышленного комплекса / А. Ю. Измайлов, Т. Д. Дзоценидзе, Н. Е. Евтюшенков [и др.] // Технология колесных и гусеничных машин. – 2012. – № 1. – С. 23-28.

УДК 631.3-048.35

СОСТОЯНИЕ И ОБНОВЛЕНИЕ ПАРКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Бурак П. И., д.т.н.

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, г. Москва, РФ

Голубев И. Г., д.т.н., профессор

Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, Московская обл., п. Правдинский, РФ

Аннотация. Приведены сведения о состоянии и обновлении парка сельскохозяйственной техники. Показаны результаты испытаний сельскохозяйственной техники и оборудования на соответствие критериям Постановления № 740 по определению их функциональных характеристик (потребительских свойств) и эффективности.

Ключевые слова: сельскохозяйственная техника, парк, состояние, обновление, функциональная характеристика, испытание

Техническая модернизация агропромышленного комплекса предусматривает обновление его базы отечественной сельскохозяйственной

техникой. По данным Минсельхоза России в 2022 году в рамках ведомственного проекта «Техническая модернизация агропромышленного комплекса» было поставлено 6665 ед. сельскохозяйственной техники, в том числе 1249 тракторов, 1185 комбайнов, 4231 ед. других видов техники. [1,2].

Цель исследований – показать динамику обновления основными видами техники сельскохозяйственных товаропроизводителей.

При анализе использовались сведения органов государственного надзора за техническим состоянием самоходных машин и других видов техники (гостехнадзор), данные ведомственной отчетности Минсельхоза России и органов управления АПК субъектов Российской Федерации, а также статистические данные, содержащиеся в национальных докладах «О ходе и результатах реализации Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия» [1].

По состоянию на 1 января 2023 года органами государственного надзора за техническим состоянием самоходных машин и других видов техники (органы гостехнадзора) зарегистрировано 384,4 тыс. ед. тракторов (на 2,8 тыс. ед. меньше по сравнению с данными на 1 января 2022 г.), 133,4 тыс. ед. зерноуборочных комбайнов (на 793 ед. больше), 12,3 тыс. кормоуборочных комбайнов (на 6246 ед. больше) [1,2,3]. Динамика зарегистрированных в органах гостехнадзора основных видов самоходных машин в АПК за последние пять лет приведена на рис.1.

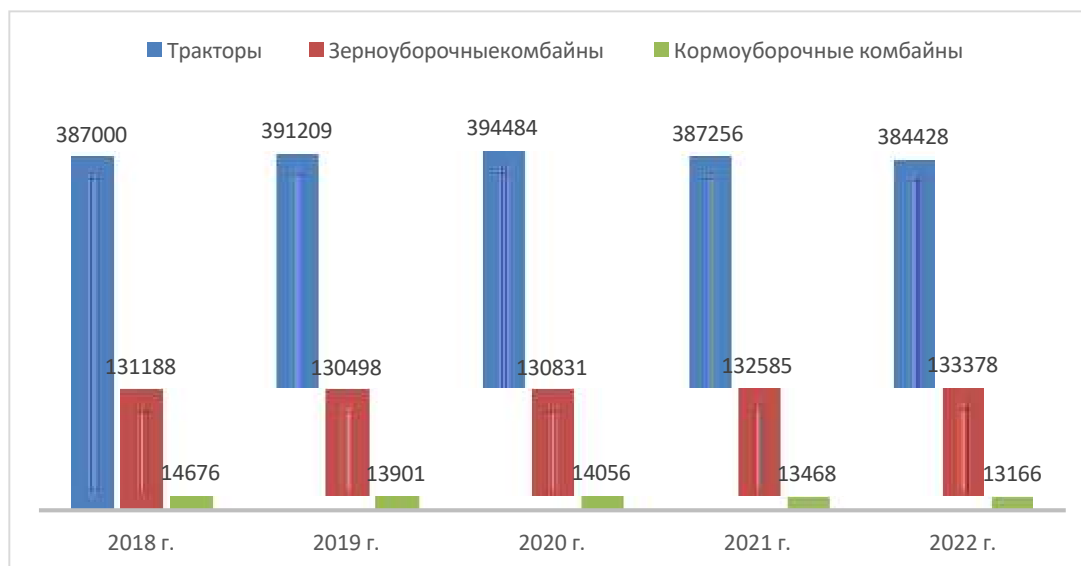


Рис. 1 - Динамика зарегистрированных в органах гостехнадзора самоходных машин в АПК, ед.

Доля техники, с года выпуска которой прошло более 10 лет, по данным органов управления АПК субъектов Российской Федерации, по тракторам снизилась до 56,30% (в 2021 году - 56,97%), по зерноуборочным комбайнам

увеличилась до 45,95% (в 2021 году - 45,54%), по кормоуборочным комбайнам снизилась до 42,93% (в 2021 году - 43,58%). Динамика доли основных видов сельскохозяйственной техники в Российской Федерации, с года выпуска которых прошло более десяти лет показана на рис. 2.

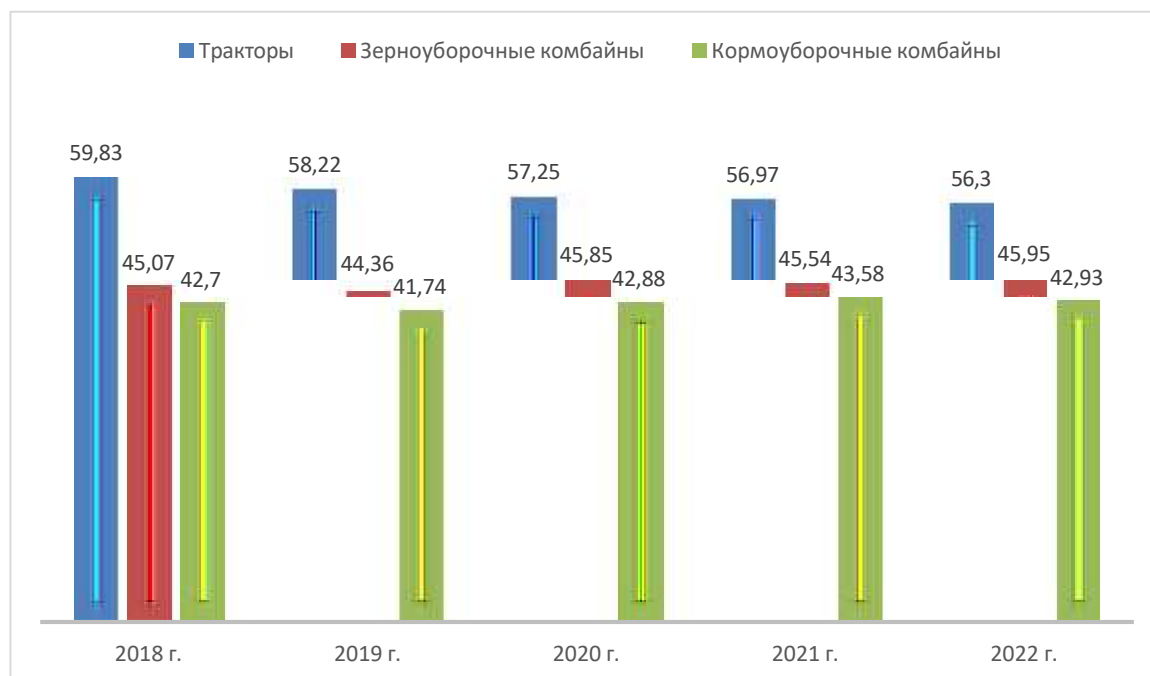


Рис. 2 - Динамика доли основных видов сельскохозяйственной техники в Российской Федерации, с года выпуска которых прошло более десяти лет, %

Анализ показал, что снижение доли техники, с года выпуска которой прошло более 10 лет, связано с выбытием техники. По данным субъектов Российской Федерации, в 2022 году сельскохозяйственными товаропроизводителями по всем каналам реализации было приобретено 18973 тракторов и комбайнов. Обновлению отечественной сельскохозяйственной техники, способствуют различные меры государственной и региональной поддержки [1,2,3]. В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2012 г. № 1432 «Об утверждении Правил предоставления субсидий производителям сельскохозяйственной техники» производитель сельскохозяйственной техники с 2022 г. для участия в квалификационном отборе для получения субсидии в отношении продукции, предусмотренной перечнем критериев определения функциональных характеристик (потребительских свойств) и эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования (постановление Правительства Российской Федерации от 1 августа 2016 г. № 740 «Об определении функциональных характеристик (потребительских свойств) и эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования») (далее – Постановление № 740),

представляет в Минпромторг России копии решения о соответствии продукции установленным в указанном перечне критериям по каждой модели [4,5,6]. На основании Постановления № 740 сформированы Планы испытаний на 2021 и 2022 гг. (табл.1).

Таблица 1 – Техника, прошедшая испытания, ед.

№пп	Наименование сельскохозяйственной техники (оборудования)	2021 г.	2022 г.
1	Тракторы сельскохозяйственные	3	8
2	Зерноуборочные и кормоуборочные комбайны	22	6
3	Сушилки зерна и семян	22	27
4	Прочая сельскохозяйственная техника (оборудование)	293	201

По результатам испытаний в 2022 г. установлено, что 72 % от общего количества техники соответствуют критериям Постановления № 740; 22% соответствуют критериям, но не соответствуют ранее заявленным характеристикам; 6% не соответствуют критериям [7,8,9]. Результаты испытаний сельскохозяйственной техники и оборудования на соответствие критериям Постановления № 740 показаны в табл.2.

Таблица 2 – Результаты испытаний сельскохозяйственной техники и оборудования на соответствие критериям Постановления № 740 (% от общего количества техники)

№пп	Соответствие критериям Постановления № 740	2021 г.	2022 г.
1	Соответствуют	73,8	72
2	Соответствуют Постановлению № 740, но не соответствуют ранее заявленным характеристикам	19,1	22
3	Не соответствуют	7,1	6

Выводы

1. По состоянию на 1 января 2023 года органами гостехнадзора зарегистрировано 3844428 тракторов (в 2018 году – 38700 ед.), 133378 зерноуборочных комбайнов (в 2018 году – 131188 ед.), и 13166 кормоуборочных комбайнов (в 2018 году – 14676).

2. Доля техники, с года выпуска которой прошло более 10 лет, по тракторам снизилась до 56,30% (в 2018 году она составляла 59,83%), по

зерноуборочным комбайнам увеличилась до 45,95% (в 2018 году - 45,07%), по кормоуборочным комбайнам снизилась до 42,93% (в 2010 году - 42,7%).

3. По результатам испытаний в 2022 г. установлено, что 72 % от общего количества техники соответствуют критериям Постановления № 740; 22% соответствуют критериям, но не соответствуют ранее заявленным характеристикам; 6% не соответствуют критериям.

Библиографический список

1. Национальный доклад «О ходе и результатах реализации в 2022 году Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия». – М. ФГБНУ «Росинформагротех», 2023. – 119 с.

2. Бурак П.И., Голубев И.Г. Обновление парка сельскохозяйственной техники в рамках ведомственного проекта «Техническая модернизация агропромышленного комплекса//Техника и оборудование для села. – 2023. – № 7– С. 2-7.

3. Бурак П.И., Голубев И.Г. Анализ динамики обновления парка сельскохозяйственной техники //Техника и оборудование для села. –2022. –№ 7 (301). – С. 29-32.

4. Положение об организации работ по определению функциональных характеристик (потребительских свойств) и эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 1 августа 2016 г. № 740 «Об определении функциональных характеристик (потребительских свойств) и эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования».

5. Определение функциональных характеристик (потребительских свойств) и эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования. [Электронный ресурс]. URL: <https://mcx.gov.ru/ministry/departments/department-rasteniievodstva-mekhanizatsii-khimizatsii-i-zashchity-rasteniy/industry-information/info-opredelenie-funktsionalnykh-kharakteristik-potrebitelskikh-svoystv-i-effektivnosti-selskokhozyay> (дата обращения: 02.05.2023).

6. Бурак П.И., Голубев И.Г., Мишуров Н.П., Федоренко В.Ф., Левшин А.Г. Анализ функциональных характеристик (потребительских свойств) и эффективности испытанной сельскохозяйственной техники и оборудования: аналит. обзор – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2022. – 128 с.

7. Решения, принятые согласно подпункту «а» пункта 24 Положения, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 1 августа 2016 г. № 740 [Электронный ресурс]. URL: <https://mcx.gov.ru/ministry/departments/department-rasteniievodstva-mekhanizatsii->

khimizatsii-i-zashchity-rasteniy/industry-information/info-resheniya-prinyatyе-soglasno-podpunktu-a-punkta-24-polozheniya-utverzhdennogo-postanovleniem-pravite/ (дата обращения: 08.11.2023).

8. Решения, принятые согласно подпункту «б» пункта 24 Положения, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 1 августа 2016 г. № 740 [Электронный ресурс]. URL: <https://mcx.gov.ru/ministry/departments/departament-rasteniёvodstva-mekhanizatsii-khimizatsii-i-zashchity-rasteniy/industry-information/info-resheniya-prinyatyе-soglasno-podpunktu-b-punkta-24-polozheniya-utverzhdennogo-postanovleniem-pravite/> (дата обращения: 08.11.2023).

9. Решения, принятые согласно подпункту «в» пункта 24 Положения, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 1 августа 2016 г. № 740 [Электронный ресурс]. URL: <https://mcx.gov.ru/ministry/departments/departament-rasteniёvodstva-mekhanizatsii-khimizatsii-i-zashchity-rasteniy/industry-information/info-resheniya-prinyatyе-soglasno-podpunktu-v-punkta-24-polozheniya-utverzhdennogo-postanovleniem-pravite/> (дата обращения: 08.11.2023).

УДК 631.372:629.114.2

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА БОРОНОВАНИЯ ПОЧВЫ

Ермаков Д. В., аспирант

Школьников П. Н., д.т.н., доцент,

Поликутина Е. С., к.т.н., преподаватель,

ФГБОУ ВО ДальГАУ, г. Благовещенск, РФ

Аннотация. С целью повышения качества обработки почвы, в данной работе предлагается устройство позволяющее корректировать вертикальную нагрузку на рабочий орган дисковой бороны за счёт перераспределения нагрузки внутри машинно-тракторного агрегата.

Ключевые слова: дисковая борона, боронование, обработка почвы, эффективность, нагрузка, рабочий орган.

Одним из ключевых условий получения хорошего урожая является качественная подготовка почвы для проведения посевных работ и работ по улучшению условий, способствующих качественному прорастанию сельскохозяйственных культур. В последние годы широко применяется

технология обработки почвы без оборота пласта. Данную операцию чаще всего в небольших крестьянско-фермерских хозяйствах (КФХ) Амурской области проводят с использованием дисковых борон БДТ-3. Это объясняется тем, что для использования более широкозахватных орудий необходимо иметь энергонасыщенные трактора высокого класса тяги. В то же время, основной парк данных хозяйств представлен в основном тракторами класса 1,4...2, как из-за финансовых трудностей для приобретения более энергонасыщенных тракторов, так и в виду того, что посевные площади, как правило, небольшие и мелкоконтурные.

Специфические естественно-производственные особенности Амурской области заключаются в том, что подготовку почвы проводят весной при наличии твердого слоя почвы, вследствие ее промерзания зимой на глубину более 2,5 метров. Осенью провести данную работу не всегда получается из-за поздней уборки фирменной культуры сои, практически при наступлении заморозков. При этом нужно отметить, что в данных условиях на тяжелых почвах при наличии мерзлотного основания с целью повышения качества обработки почвы, необходимо регулировать нагрузку на рабочий орган (диск).

Повышение эксплуатационно-технологических параметров дисковой бороны может быть получено благодаря оптимизации нагрузки между движителями энергетического средства (трактора) и рабочими органами (дисками). Это может стать возможным за счет внедрения новых технических решений путем установки дополнительных устройств. Это особенно важно на почвах с наличием твердого подстилающего слоя (мерзлоты). При работе в обычных условиях нагрузка на отдельные органы дисковой бороны приходится практически одинаковая, так как она обусловлена в основном массой самой бороны. В то же время, работа на почвах, подверженных промерзанию в зимний период времени на глубину более 2,5 метров, в весенний период времени сопровождается своими особенностями, заключающимися в неравномерном оттаивании верхнего плодородного слоя. Это приводит к тому, что в процессе обработки верхнего слоя почвы происходит перераспределения нагрузки на рабочие органы между секциями бороны, что ведёт как к несоблюдению агротехнологических требований предъявляемых к процессу боронования [1-2], так и к нарушению стабилизации прямолинейного движения самого машинно-тракторного агрегата. Кроме того, в данных условиях проведения ранне-весенних сельскохозяйственных работ при работе колёсных энергетических средств наблюдается нехватка тягово-сцепных свойств обусловленная слабой несущей способностью почвы. В весенний период слабая несущая способность почвы объясняется тем, что в период наступления положительных температур происходит оттаивания мерзлотного основания, а выпадающие осадки в виде

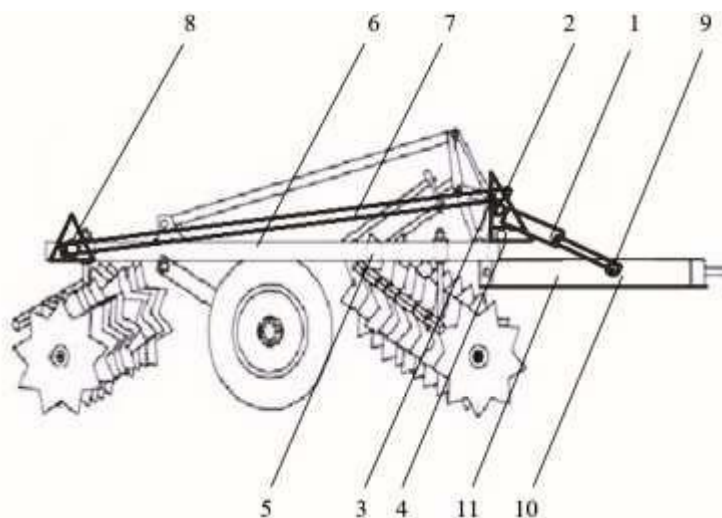
дождя со снегом резко повышают влажность почвы. Это все влияет на тягово-сцепные свойства трактора, которые непосредственно зависят от нагрузки приходящейся на ведущие колёса трактора [3-7]. С этой целью, повышения нагрузки на ведущие колёса трактора, чаще всего используются дополнительные грузы, которые размещают на энергетическом средстве, но в условиях Амурской области этот способ увеличения тягово-сцепных свойств не приемлем. Увеличение массы самого энергетического средства приводит к тому, что трактор продавливают верхний слой почвы, а это увеличивает буксование движителей, оставляя после себя колею и повышая техногенное воздействие на почву.

Для снижения выше обозначенных проблем нами предлагается установить на трактор устройство (рисунок 1,2), которое предоставляет возможность перераспределять нагрузку между рабочими органами бороны и ведущими движителями (колёсами) энергетического средства [8,9].

Догружающе-распределяющее устройство работает следующим образом:

- при выдвигании штока гидроцилиндра происходит снижение нагрузки на рабочий орган бороны и увеличения сцепного веса трактора за счёт перераспределения части нагрузки с самой бороны;

- при втягивании штока гидроцилиндра сцепной вес с трактора передается на рабочие органы бороны тем самым увеличивая нагрузку.



1 - гидроцилиндр, 2 - уголкоый кронштейн, 3- верхний силовой шарнир, 4- шарнирная опора, 5 - рама бороны, 6- борона, 7- выравнивающая тяга, 8 - задний опорный шарнирный кронштейн, 9- торсионная ось, 10 - вилочная рабочая часть силового гидроцилиндра, 11- поперечина снлицы

Рис.1 - Схема дисковой бороны с применением догружающе - распределяющего устройства



Рис. 2 - Дисковая борона с установленным догружающе- распределяющим устройством

В результате работы предлагаемого устройства, происходит перераспределение нагрузки внутри рассматриваемого машинно-тракторного агрегата, тем самым обеспечивается изменение нагрузки на рабочие органы дисковой бороны и на движители энергетического средства.

Библиографический список

1. Алдошин, Н.В. Стабильность технологических процессов в растениеводстве [Электронный ресурс] URL: <https://elibrary.ru/item.asp?edn=hzybpl> (дата обращения: 28.10.2023)
2. Классификация ротационных рабочих органов сельскохозяйственных машин и их траектории движения / В. Ф. Первушин, А. Г. Левшин, М. З. Салимзянов [и др.] // Агроинженерия. – 2023. – Т. 25, № 3. – С. 57-64. – DOI 10.26897/2687-1149-2023-3-57-64.
3. Корректор сцепного веса тяжёлой дисковой бороны /Щитов С.В, Кузнецов Е.Е.// Патент на полезную модель №166919 Рос. Федерация заявитель и патентообладатель Дальневосточный гос. агр. университет. заявл. 24.05.2016, зарегистрирована 24.05.2016, опубл. 10.12.2016 Бюл. №34. 10 с.
4. Кузнецов Е.Е. Методологическое обоснование выбора конструкции устройств рационального перераспределения сцепного веса/ Е.Е. Кузнецов, С.В. Щитов и др.// Электронный научно-производственный журнал «АгроЭкоИнфо».-2016.-№2(24).-24 с.

5. Кузнецов Е.Е. Перераспределение сцепного веса в составе машинно-тракторного агрегата при проведении предпосевной обработки/ Кузнецов Е.Е. [и др.] // Дальневосточный аграрный вестник. - 2017.- №1(41).-С.88-95.
6. Щитов С.В., Кузнецов Е.Е. Повышение эффективности использования мобильных энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур: Монография. ДальГАУ-Благовещенск, 2017.- 272 с.
7. Increasing The Efficiency Of Use Of Wheeled Tractors With An Articulated Frame For Secondary Tillage / Shchitov S. V., Tikhonchuk P. V., Krivuca Z. F., Samuilo V. V., Yakimenko A. V.// Journal of Mechanical Engineering Research and Developments ISSN: 1024-1752. 41(2) (2018)p.p. 31-34 Website: <https://jmerd.org.my/Paper/2018%2C%20VOLUME%202%2C%20ISSUE%202/31-34.pdf> (дата обращения: 25.10.2023)
8. Ермаков Д.В., Леонов В.В., Щитов С.В., Кузнецов Е.Е., Панова Е.В. Распределение вертикальной нагрузки дисковой бороны с корректором сцепного веса [Электронный ресурс] URL: http://selmech.msk.ru/322.html#_Распределение_вертикальной_нагрузки (дата обращения: 25.10.2023);
9. Ермаков Д.В., Леонов В.В., Щитов С.В., Кузнецов Е.Е., Панова Е.В., Теоретические исследования силовых реакций и устойчивости движения системы при выравнивании вертикальной нагрузки тяжёлой рамной дисковой бороны в условиях внешнего догружения [Электронный ресурс] URL: <https://elibrary.ru/item.asp?edn=rfnrbx> (дата обращения: 26.10.2023).

УДК: 631.31-83

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ТРАКТОРА ДЛЯ РАБОТЫ В ПОМЕЩЕНИЯХ С ОГРАНИЧЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ

Корягин В. С., студент

Научный руководитель: Бижаев А. В., к.т.н., доцент

*Российский государственный аграрный университет – МСХА имени
К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ*

Введение. Трактора широко применяются в сельском хозяйстве для выполнения множество операций в различных условиях как полевых, так и транспортных. У многих хозяйств есть необходимость использовать трактора в помещениях с ограниченной вентиляцией, что может привести к опасным условиям для операторов, включая низкий уровень комфорта и накопление

вредных веществ в воздухе, например, отработавших газов, тепла и пыли. В данной статье рассмотрена возможность оптимизации рабочего процесса на базе трактора МТЗ-320 для таких условий.

Цель и задачи исследования: оценка возможности использования электропривода для трактора в помещениях с ограниченной вентиляцией воздуха. В работе были рассмотрены следующие задачи:

1. Рассмотреть методы решения проблемы содержания отработавших газов в помещениях с ограниченной вентиляцией;
2. Предложить оптимальный метод решения проблемы за счёт снижения выбросов трактора;
3. Оценить возможность снижения токсичных выбросов за счёт внедрения электропривода для трактора малого тягового класса.

Условия. Установлено, что для выполнения технологических операций в помещениях с ограниченной вентиляцией воздуха используются тракторы малого тягового класса [1]. что накладывает определённые ограничения на методы решения проблемы, связанной со снижением токсичных выбросов в помещении. Вопрос может решаться либо повышением вентилирующей способности помещения, либо снижением токсичности самого источника вредных выбросов. Для этого был произведён анализ текущей ситуации и рассмотрены способы решения текущей задачи.

Материалы и методы. Основной проблемой, при работе в помещениях с ограниченной вентиляцией, таких как теплицы, являются отработавшие газы так как именно они влияют наиболее пагубно на здоровья человека и растения [2]. Рассмотрим способы ее решения:

1) Улучшение вентиляции теплицы. Этот способ рассчитан на борьбу с ОГ посредством внесения изменений в конструкцию здания, а не машины. Такой метод наиболее прост в исполнении, однако имеет ряд недостатков. Во-первых, повышение вентилируемости помещения сопровождается высокими затратами на вентиляционное оборудование, во-вторых дополнительным охлаждением воздуха внутри, в-третьих высокими затратами на электроэнергию, также этот способ не исключает выброс ОГ, а лишь уменьшает их содержания.

2) Установка вентиляционного рукава. Это решение во многом похоже на предыдущее, но в отличие от него более локальное и может полностью исключить контакт человека с ОГ. Необходимо не увеличивать мощность всей системы, а лишь внести дополнительный агрегат, это предотвратит понижение температуры и снизит денежные вложения. Однако для его работы рукав должен перемещаться за трактором, что существенно понижает его мобильность и вызывает массу неудобств.

3) Установка дополнительной очистки ОГ на систему выпуска. Этот способ в отличие от предыдущих ориентирован на внесение изменений в конструкцию трактора, а не теплицы. Он является более универсальным, так как позволяет одной машине работать в нескольких помещениях. Его недостатком является цена переоборудования, уменьшение мобильности и некоторых характеристик двигателя, а также даже улучшенная система не сможет полностью нейтрализовать токсичность ОГ.

4) Применение альтернативных видов топлива. В отличие от дизельного топлива при сжигании альтернативного вида топлива образуется меньшее количество токсичных элементов [2]. Однако, помимо сложности реализации таких систем, происходит ухудшение других показателей, таких как мощность двигателя. Также возникают проблемы с хранением, взрывоопасностью и ценой реализации такой системы. Эти факторы ограничивают использование альтернативных видов топлива на ДВС.

5) Использование электротракторов с питанием от кабеля. Сама идея совсем не нова и уже была реализована. Этот вариант сохраняет все преимущества своего предшественника, но сильно проигрывает в мобильности и универсальности, хотя и существенно дешевле.

6) Использование гибридных тракторов. А именно тракторов с двигателем внутреннего сгорания и электрической трансмиссией с возможностью работы от аккумуляторов [3]. Такой трактор будет работать на открытом пространстве с включенным ДВС от которого будет подзаряжаться аккумуляторная батарея и отдавать энергию на колеса, а в помещении от АКБ. Этот способ удорожает конструкцию машины, однако полностью решает проблему ОГ, к тому же электрическая трансмиссия существенно повышает маневренность, что особенно актуально в ограниченных пространствах.

7) Использование электротракторов с питанием от АКБ. Для полевых работ такие трактора малопригодны, из-за короткого времени работы без подзарядки, но в рассматриваемых условиях этот недостаток уходит, в условиях тепличного хозяйства период работы не большой, а подзарядить АКБ можно в любое время. Однако стоимость такой машины будет с разы дороже гибридной [2].

Результаты исследования. Взвесив все преимущества и недостатки, наиболее подходящими вариантами являются 6 и 7. Отдав предпочтение универсальности имеет смысл в большей мере 6 вариант. Для того что бы модернизировать трактор стандартной комплектации необходимо по меньшей мере подобрать электродвигатели для привода движителей и определиться с компоновочной системой. Для подбора электромоторов воспользуемся опытом переоборудования автомобилей, на них используют: коллекторные двигатели постоянного тока (ДПТ), асинхронный двигатель переменного тока, синхронный

двигатель переменного тока, двигатели переменного тока с вентильным управлением [4]. Был произведён анализ электродвигателей различного типа (Таблица 1).

Таблица 1 – Преимущества и недостатки различных электродвигателей

Наименование	Преимущества	Недостатки
ДПТ	1) Стоимость 2) Хорошие пусковые свойства 3) Упрощенная регулировка крутящего момента 4) Простое ТО	1) Быстрый износ щеток 2) Появление искр 3) Массивность
АДПТ	1) Отсутствие щеток 2) Стоимость 3) Простота обслуживания 4) Срок службы	1) Массивность 2) Сложное регулирование частоты вращения
BLDC	1) Отсутствие щеток 2) Хорошие пусковые свойства 3) Малые габариты 4) Простота регулирования оборотов	1) Высокая стоимость 2) сложны в ремонте

На основании проведённого анализа видно, что двигатель BLDC для привода движителей и генератора является оптимальным. Данный тип двигателя является бесщёточным, имеет высокий ККПД и ряд преимуществ [5]. Его мощность, рассчитывается исходя из мощности дизельного ДВС.

Предлагается комбинированная гибридная схема такого трактора (Рисунок 1). В таком случае трактор длительное время может работать на ДВС заряжая АКБ. Затем, при необходимости заехать в помещение он может выполнять технологические операции при помощи электропривода в выключенном ДВС, на накопленном запасе энергии в АКБ.



Рис. 2 – Общая схема комбинированной гибридной силовой установки

Для этих целей необходим источник временного хранения заряда, отвечающая требованиям работы такой машины, и достаточной для выполнения технологической операции в помещении. В некоторых гибридных системах рассматриваются ионисторы или суперконденсаторы, но их заряда недостаточно для длительной работы, и их использование рационально при кратковременных нагрузках в гибридных системах [6]. На сегодняшний день в гибридных установках используются различные типы АКБ. В ходе работы было рассмотрено несколько типов АКБ (Таблица 2) и произведён их анализ. Наиболее распространёнными являются Li-ion АКБ, обладающие оптимальными свойствами для использования в обеспечении питания электропривода [7].

Таблица 2 – Преимущества и недостатки рассматриваемых АКБ

Наименование	Преимущества	Недостатки
NMC	1) Высокая плотность энергии (до 250 Вт·ч/кг)	1) Относительно короткий срок службы от 1000 до 2000 циклов 2) Слабая термическая стабильность
NCA	1) Более экологичны	-//-
LiFePO ₄ / LFP	1) Более дешевы 2) Высокий срок службы 3) Можно заряжать до 100%	1) Плотность энергии 160 Вт·ч/кг
NiMH или Ni-MH	1) Большая емкость 2) Большая экологичность	1) Высокий саморазряд 2) Низкая плотность энергии

Для тракторов малого тягового класса целесообразно выбрать АКБ типа LFP.

Выводы. Таким образом, я считаю наиболее перспективным типом трактора для хозяйства с большим количеством помещений сельхоз назначения – гибридный с комбинированной энергоустановкой. В качестве привода колёс целесообразно использовать бесщёточные электродвигатели типа BLDC, а в качестве источника электрической энергии АКБ типа LFP. По данной работе необходимо продолжать исследования, так как текущее направление является одним из наиболее перспективных и малоизученных.

Библиографический список.

1. Бижаев А.В. Оценка параметров трактора с электроприводным силовым агрегатом //Сельскохозяйственные машины и технологии. 2020. Т.14. N4. С.33-42.
2. Бижаев А.В. Повышение экологической безопасности тракторного дизеля добавкой воды в цилиндры: дис. канд. техн. наук. М., 2016. С. 11-24.
3. T. A. Burress, S. L. Campbell, C. L. Coomer, C. W. Ayers. Evaluation of the 2010 toyota prius hybrid synergy drive system // Oak ridge national laboratory. – U.S. Department of Energy Vehicle Technologies. – March 2011. –79 p.

4. Ютт В.Е. Электромобили и автомобили с комбинированной энергоустановкой. Расчет скоростных характеристик: учеб. пособие / В.Е. Ютт, В.И. Строганов. – М.: МАДИ, 2016. – 108 с.

5. Chau K., Chan C., and Liu C. Overview of permanent-magnet brushless drives for electric and hy-brid vehicles. IEEE Transactions On Industrial Electronics. 2008. 55(6). 2246-2257.

6. Bijaev A., Ishutochkina K. Assessment of the starter motor system use powered by capacitive power sources on internal combustion engine. MATEC Web of Conferences. Volume 341, 00054 (2021).

7. Tarascon J.-M. Issues and challenges facing rechargeable lithium batteries /J.-M. Tarascon, M. Armand // Nature. - 2011. - V. 414. - P. 359-36

УДК 631.331

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ СЕЯЛКИ СПЛОШНОГО ВЫСЕВА

Пляка В. И., к.т.н., доцент

*Российский государственный аграрный университет – МСХА имени
К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ*

Аннотация. Рассмотрены вопросы, связанные с особенностями определения показателей равномерности высева, неравномерности высева по ширине захвата сеялки и неустойчивости общего высева при сплошном посеве.

Ключевые слова: сплошной высев; равномерность распределения семян; квадраты с ячейками; липкая лента.

Введение. Для повышения эффективности сеялки, работающей на полях со сложной конфигурацией, например, при посеве газонных трав требуется, чтобы её высевающий аппарат осуществлял равномерный высев, как при прямолинейном, так и при криволинейном движении [1;2;3]. Причём предпочтение остаётся за сплошным способом высева [4;5]. Для проверки соответствия высевающего аппарата данной сеялки основным агротехническим требованиям необходимо учесть особенности определения показателей равномерности и неравномерности высева по ширине захвата сеялки, а также неустойчивости общего высева на липкой ленте [6;7].

Цель и задачи исследования. Целью работы являлось описание особенностей определения показателей равномерности и неравномерности сплошного высева по ширине захвата сеялки, а также неустойчивости общего

высева на липкой ленте при прямолинейном движении сеялки и при движении её по различным радиусам.

Материалы и методы исследования. При исследовании использовались бумажные полотна с разметкой, где указывался радиус R поворота сеялки и квадраты 10×10 см или 20×20 (рис.1). Каждый квадрат разделён на ячейки (элементарные площадки) [8;9;10]. На полотна наносили слой клея перед каждым проходом сеялки по заданной траектории.

Исследования проводили следующим образом. Семена засыпали в семенной бункер сеялки. Установили необходимую норму высева.

При движении сеялки происходил высев семян на полотна. Показатель равномерности распределения семян по площади оценивался попаданием семян в сантиметровые квадратные ячейки (примерно равных площади питания одного растения) с различным содержанием (0,1,2...шт.) семян в них. Показатель определялся подсчётом семян в ячейках квадратов (рис.1 Б).

Равномерность распределения семян по засеваемой площади предлагается оценивать следующим показателем:

– коэффициент равномерности высева K_v , показывающий равномерное распределение семян по площади

$$K_v = b/a,$$

где a – количество элементарных площадок-ячеек (1×1 см) в квадрате со сторонами 10 см; b – количество элементарных площадок-ячеек, содержащих семена.

Показатели неравномерности высева по ширине захвата и неустойчивости общего высева определялись подсчётом семян в квадратах 20×20 см с ячейками 5×5 см (рис.1 Г). Четыре квадрата 20×20 см, расположенные по ширине захвата сеялки $B=0,9$ м, позволили оценить показатели на различных траекториях движения при изменяющейся площади сектора на поворотах с заданным радиусом R .

Для расчета показателя неравномерности высева по ширине захвата сеялки, движущейся как по прямолинейной, так и по криволинейной траектории, необходимо знать количество семян, высеянных на единицу площади. Квадрат содержит шестнадцать ячеек или четыре столбца по четыре ячейки. Если принять, что каждому столбцу квадратов соответствует свой номер, например, начиная от левого колеса сеялки к правому, то получаем шестнадцать столбцов. Содержимое одной ячейки каждого столбца принимаем за повторность. Для увеличения числа повторностей можно использовать дополнительные ряды квадратов (рис.1В). Подсчитываем среднее значение повторностей каждого столбца. Среднее значение из четырёх ячеек каждого из шестнадцати столбцов

предоставит ряд из шестнадцати величин, характеризующих распределение семян по ширине захвата сеялки.

Для подсчёта параметров воспользуемся стандартными статистическими показателями.

Расчет показателя неравномерности высева по ширине захвата сеялки с получением среднего значения q_n , среднеквадратического отклонения σ и коэффициента вариации H_n по формулам (ГОСТ 31345-2017; ГОСТ 26711-89):

$$q_n = \frac{\sum q}{n},$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (q - q_n)^2}{n-1}},$$

$$H_n = \frac{\sigma}{q_n} \cdot 100,$$

где $\sum q$ – сумма средних значений семян из 4 повторностей, каждого из 16 столбцов;

n – число столбцов;

q – среднее число семян из 4 повторностей, попавших в соответствующий столбец.

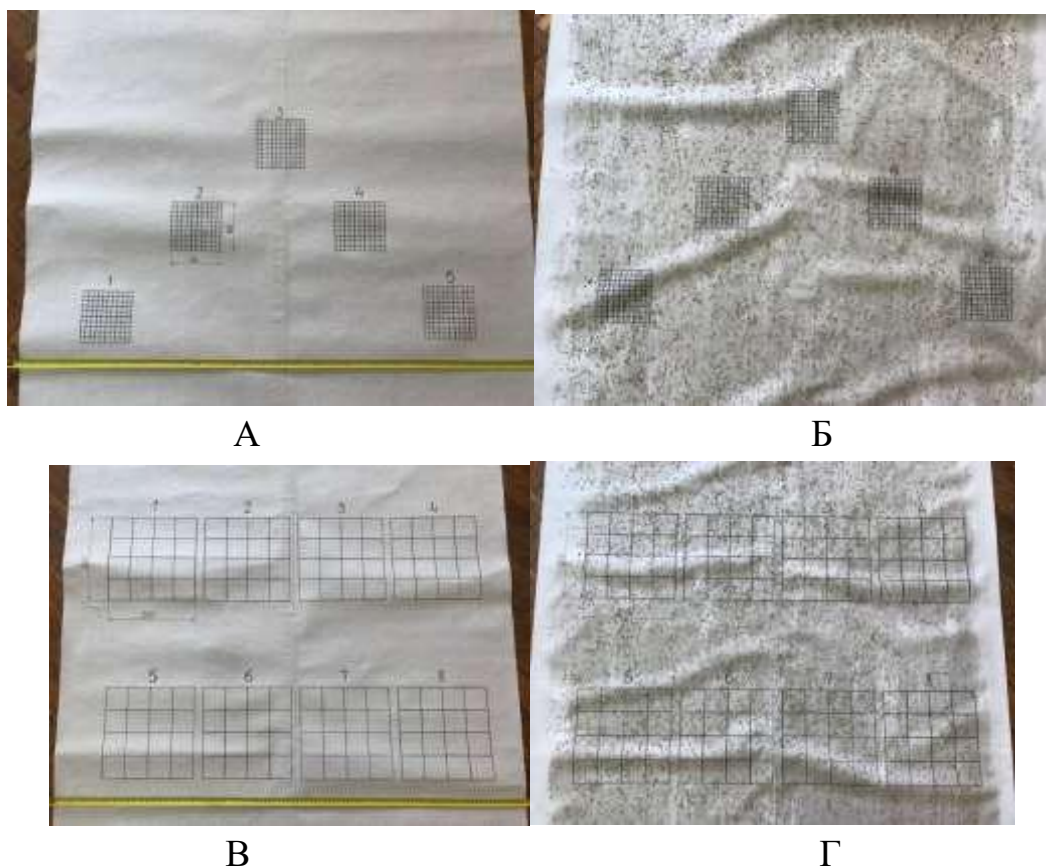


Рис. 1 – Распределение семян на липкой ленте в квадратах с ячейками: А – квадраты с ячейками 1x1 см.; Б – распределение семян на липкой ленте в квадратах с ячейками 1x1 см.; В – квадраты с ячейками 5x5 см.; Г – распределение семян на липкой ленте в квадратах с ячейками 5x5 см.

Результаты исследования и выводы. Для сеялки сплошного высева с высевающим аппаратом, способным производить равномерный высев как при прямолинейном, так и при криволинейном движении целесообразно использовать квадраты с ячейками для определения показателей равномерности высева, неравномерности высева по ширине захвата и неустойчивости общего высева.

Библиографический список

1. Авторское свидетельство СССР №1299533, МКИ А 01 С 7/16. Высевающая система сеялки /Пляка В.И., Виноградов Ю.А./ Б.И. №12, 1987.
2. РФ патент №210275 U1, МПК А01С 7/12. Устройство для высева семян / В.И. Пляка, С.М. Каткова (РФ). – Патентообладатель: ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева (RU).- №2021132823, заявлено 11.11.2021; опубл. 05.04.2022. Бюл. № 10.- 7 с.
3. Plyaka V I, Seed drill used on complex configuration fields. / Plyaka V.I., Sergeeva N.A., Panov A.I., Yakovleva N.A. // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 941 (2020) 012041.
4. Пляка В.И. Механизация растениеводства (термины и определения): учебное пособие / Н.В. Алдошин, М.А. Мехедов, В.И. Пляка, И.Н. Гаспарян. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2021. – 260 с.
5. Пляка В.И. и др. Ploughing quality and energy consumption depending on plough bodies type.(Scopus) / Y.P. Lobachevsky, I.V. Liskin, A.I. Panov, N.V. Aldoshin, V.I . Plyaka, N.A. Lylin // IOP Conf.Series : Materials Science and Engineering 1030 (2021) 012154
6. Пляка В.И. и др. Стендовые испытания экспериментальной сеялки для посева газонных трав. / В.И. Пляка, С.М. Каткова, Н.А. Сергеева // Агроинженерия. 2022. Т. 24. № 5. С. 24-29.
7. Голубев В.В., Никифоров М.В., Фирсов А.С., Тюрин И.Ю., Левченко Г.В. (2019). Модификация сеялки для посева мелкосеменных культур Аграрный научный журнал. 2019. № 6. С. 79-81.
8. Дерюшев И.А., Галицын Д.А., Савельева М.А. Ломаев А.А. Сошниковая секция с дисковым рассеивателем семян. АгроЭкоИнфо. 2022. № 4(52):33. <https://doi.org/10.51419/202124411>
9. Беспамятнова Н.М., Реутин В.В. Повышение эффективности посева сильносыпучих семян. Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2011. № 8. С. 20-21. EDN: RLOYFN
10. Соколов В.В. К вопросу об оценке разброса семян при посеве. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2002. № 2. С. 65-68. EDN: ZWEWTH

СЕКЦИЯ: «СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ МАШИНЫ. ЦИФРОВЫЕ И РОБОТИЗИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ»

УДК 631.361.022:631.335

ПУТИ УМЕНЬШЕНИЯ ГАБАРИТНЫХ РАЗМЕРОВ АКСИАЛЬНО-РОТОРНОГО МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

Бахарев Д. Н., доктор технических наук, доцент¹

*Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина,
пос. Майский, Белгородский район, Белгородская область, РФ.*

Бурнукин А. Е., старший преподаватель²

*Луганский государственный аграрный университет им. К.Е. Ворошилова,
г. Луганск, Артемовский район, Луганская Народная Республика, РФ.*

Аннотация. Задача эффективной сепарации зерна кукурузы в аксиально-роторном молотильно-сепарирующем устройстве комбайна решается путем увеличения габаритных размеров системы ротор-дека. Этому есть альтернатива – применение активной деки в совокупности с действием воздушной завесы выгрузного окна.

Ключевые слова: Кукуруза, обмолот, активная дека, воздушная завеса.

Введение. На современном этапе развития уборочной техники широкое применение получили комбайны с аксиально-роторным молотильно-сепарирующим устройством (АР МСУ) [1-3]. Причина этого кроется в способности АР МСУ длительно сохранять свою работоспособность при очень интенсивных режимах работы на кукурузе, вызванных высокой урожайностью (70...100 ц/га) и значительной массой початков (0,2...0,4 кг), создающих большие ударные нагрузки на рабочие органы молотильного аппарата.

Кукурузу на зерно выращивают как в крупных промышленных масштабах, так и в малых масштабах для нужд фермерских хозяйств, поэтому в первом случае применяются полноразмерные универсальные зерноуборочные, а во втором - небольшие селекционные комбайны с АР МСУ.

К полноразмерным роторным зерноуборочным комбайнам, наиболее часто применяемым для уборки кукурузы можно отнести [4-7]:

– Ростсельмаш TORUM 740/750/760/770/780/785 (в серии применяется ротор диаметром 762 мм и общей длиной 3200 мм);

- CASE Axial-Flow 5150/6150/7150/7250/8250/9250 (в серии применяется ротор диаметром 762 мм и общей длиной 3000 мм);
- John Deere 9660/9670/9870/9880 STS (в серии применяется ротор диаметром 750 мм в молотильной части, 826 – в сепарирующей части с общей длиной 3130 мм);
- AGROAPOLLO CF808 (в комбайне применяется ротор диаметром 650 мм и общей длиной 2950 мм);
- AGRO-LIDER FD6300 (в комбайне применяется ротор диаметром 660 мм и общей длиной 3080 мм).

К роторным селекционным комбайнам, применяемым для уборки кукурузы, можно отнести BAURAL DP 4000 (в комбайне применяется молотильный аппарат с двумя параллельными аксиальными роторами).

Как видно из вышеприведенной информации ротор комбайна, применяемого для уборки кукурузы на зерно, весьма крупная, массивная и материалоемкая сборочная единица. Это обусловлено тем, что АР МСУ состоит из приемной, молотильной и сепарирующей части. При этом сепарирующая часть обладает значительной длиной, что связано с необходимостью минимизировать показатель недомолота и схода свободным зерном. Следовательно, необходимо более углубленно изучить процесс обмолота кукурузы роторным комбайном с целью оптимизации размеров ротора, являющегося самой крупной и материалоемкой сборочной единицей в АР МСУ, определяющей его габаритные размеры. Причем ротор конструктивно-технологически связан с конструкцией деки. Поэтому систему ротор-дека необходимо рассматривать в совокупности.

Цель исследования. Определение путей уменьшения габаритных размеров АР МСУ, применяемых при прямом комбайнировании зерна кукурузы.

Задачи исследования. Схематически выразить систему путей уменьшения габаритных размеров АР МСУ, применяемых при прямом комбайнировании зерна кукурузы, привести их анализ и сделать соответствующие выводы.

Объект и методы исследования. Объектом исследования является технологический процесс обмолота кукурузы АР МСУ, применяемым в зерноуборочных комбайнах. Используются методы системного анализа и эвристические приемы принятия технических решений.

Результаты исследования. Анализ существующей научно-технической информации о конструктивных особенностях существующих комбайновых АР МСУ, закономерностях их функционирования и конструктивно-технологических параметрах позволили сделать ряд научно-обоснованных предположений:

- дека комбайнового АР МСУ должна быть активной, причем в приемной и молотильной части она должна совершать вращательные движения, а в сепарирующей – колебательные;

- ротор должен в приемной части обладать винтовым (шнековым) многозаходным рабочим органом, а в молотильной и сепарирующей – короткими лопастными рабочими органами, расставленными по винтовой линии с перекрытием;

- система выгрузки незерновой части должна обладать разгрузочными лопатками, установленными на роторе. Кроме того, в выгрузное окно необходимо принудительно подавать встречный поток воздуха, создающий воздушную завесу выгрузного окна. Данная воздушная завеса в области выгрузного окна заставит свободное зерно двигаться в противоход незерновой части урожая (листовая обертка и стержни) и вернет его в нижнюю часть вибрационной деки.

Данные технические решения обеспечат необходимые условия для минимизации габаритных размеров АР МСУ [7-9].

Совокупность путей уменьшения габаритных размеров АР МСУ графически интерпретирована в виде рисунка 1.

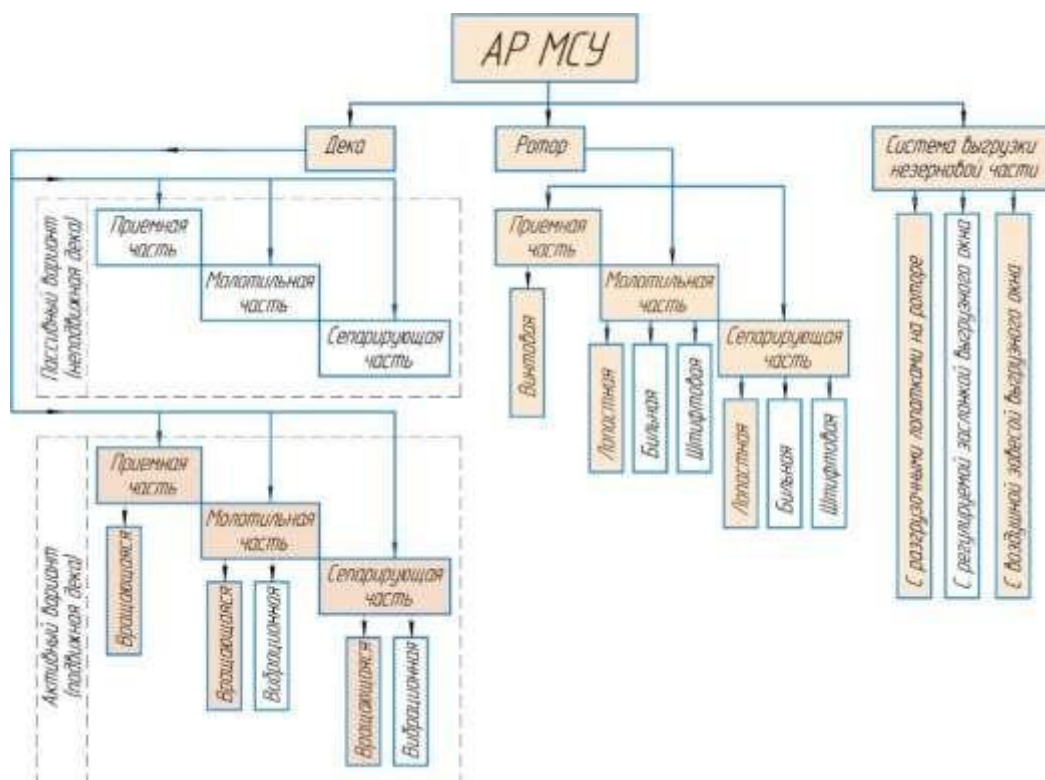


Рис. 1 - Схема путей уменьшения габаритных размеров АР МСУ

Поскольку на конструктивно-технологические параметры АР МСУ одновременно влияют характеристики ротора, деки и системы выгрузки незерновой части, то для рационализации размеров АР МСУ необходимо

установить взаимосвязи между: скоростью и траекторией движения обмолачиваемой массы, силами ее ударно-фрикционного взаимодействия с ротором и декой, а также закономерностями воздействия воздушным потоком на выходящую из выгрузного окна обмолоченную незерновую массу.

Научное определение вышеприведенных взаимосвязей позволит без снижения пропускной способности комбайна разработать АР МСУ с уменьшенными габаритными размерами. При этом будут обеспечены регламентированные значения недомолота и схода свободным зерном.

Выводы.

1. Применяемые для обмолота кукурузы комбайновые АР МСУ – это сложные, крупногабаритные и материалоемкие технические системы, размеры которых необходимо уменьшить до рациональных значений.

2. Большие размеры существующих АР МСУ обусловлены стремлением снизить показатели недомолота и схода свободным зерном до регламентированных значений.

3. Уменьшения габаритных размеров АР МСУ можно добиться посредством совокупного подбора рациональных конструктивно-технологических параметров ротора, деки и системы выгрузки обмолоченной незерновой массы.

4. Научная проблематика уменьшения габаритных размеров АР МСУ лежит в области установления закономерностей совокупного влияния кинематических и динамических факторов движения обмолачиваемой массы и характеристик встречного воздушного потока, действующего на выходящую из выгрузного окна обмолоченную незерновую массу.

Библиографический список

1. Бахарев Д.Н., Добрицкий А.А. Аналитическое обоснование размерных характеристик ротора молотильно-сепарирующего устройства для кукурузоуборочного комбайна // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2023. № 2(38). С. 11-16.

2. Жалнин Э.В., Ценч Ю.С., Пьянов В.С. Методика анализа технического уровня зерноуборочных комбайнов по функциональным и конструктивным параметрам // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. Т. 12, № 2. С. 4-8.

3. Ломакин С.Г., Бердышев Н.Е. Анализ технического уровня зерноуборочных комбайнов Ростсельмаш // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». 2017. № 6(82). С. 34-42.

4. Пляка В.И., Алдошин Н.В., Панов А.И., Сергеева Н.А. Совершенствование аксиально-роторных молотильно-сепарирующих устройств // *Агроинженерия*. 2022. Т. 24, № 4. С. 16-21.

5. Ожерельев В.Н. Никитин В.В. Сепарация очесанного зернового вороха на решетчатом днище наклонной камеры комбайна // *Агроинженерия*. 2023. Т. 25, № 3. С. 35-40.

6. Федорова О.А., Ряднов А.И., Мурог И.А., Курахтенков А.К. Улучшение некоторых эксплуатационных показателей соргоуборочного комбайна при работе на склонах // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2023. № 1(69). С. 463-472.

7. Пастухов А.Г., Тимашов Е.П., Бахарев Д.Н. Обобщенная оценка основных факторов при проектировании техники и технологий в агроинженерии // *Инновации в АПК: проблемы и перспективы*. 2021. № 1(29). С. 17-26.

8. Петунина И.А., Котелевская Е.А. Аналитический обзор механизации разделения вороха початков // *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева*. 2015. № 4(28). С. 80-82.

9. Пастухов А.Г., Бахарев Д.Н. Теоретическое исследование контакта фасонного шипа и зерна кукурузы в молотильной камере // *Вестник ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина»*. 2018. № 5(87). С. 20-24.

УДК: 627.325: 621.865.8

РОБОТИЗАЦИЯ, ЦИФРОВИЗАЦИЯ И ВИРТУАЛИЗАЦИЯ СКЛАДСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

Густов Д. Ю., кандидат технических наук, доцент,

Скель В. И., кандидат технических наук, доцент, каф. «Механизация, автоматизация и роботизация строительства»

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, РФ

Аннотация. Рассмотрены тенденции развития складских помещений при реализации задач по цифровой трансформации экономики в направлении создания цифровых, умных и виртуальных складов, оснащённых стационарными и мобильными роботами и робототехническим комплексами.

Ключевые слова: склад, роботизация, цифровизация, виртуализация, трекинг

Введение.

Современные тенденции совершенствования и повышения эффективности применения большинства средств механизации складских помещений развиваются согласно общим тенденциям развития, среди которых значительную долю занимают вопросы, связанные с повышением уровня роботизации и цифровизации мобильных средств [1]. Комплексная цифровизация работ в рамках как одиночного склада, так и группы складов совместно с использованием актуальных средств навигации позволяет существенно повысить эффективность проводимых работ.

Цели и задачи работы заключаются в повышении эффективности использования складов с помощью взаимосвязей структур, этапов жизненного цикла, получаемых эффектов цифрового, умного и виртуального складов.

Условия, материалы и методы исследования

Базовые положения по роботизации мобильных средств складских помещений связаны прежде всего с технологией позиционирования и трекинга машин [2], а также с повышением качества управления самими машинами.

Отслеживание позиционирования улучшают планирование проводимых работ и управление движением складских механизированных средств. В результате чего повышается точность контроля над процессами перемещения по открытым площадкам и внутри помещений, что приводит к повышению качества выполняемых работ. Также повышается безопасность рабочих и сотрудников. В качестве отложенного эффекта – уменьшается экологическое воздействие от машин, благодаря их более экономичным режимам работы.

Следует также отметить положительный эффект от совмещения роботизации мобильной техники с трекингом машин в части простоты проводимого онлайн наблюдения за ходом всех проводимых работ. Оператор обладает возможностью непосредственно и в текущем времени контролировать происходящие погрузочно-разгрузочные работы, транспортирование и т.д., и, что самое главное, влиять на них в случае необходимости. Это также снижает расходы и вероятность технических ошибок и потенциальных аварий при производстве работ группами машин, находящихся в непосредственной близости друг от друга. предупреждая рабочих о зонах повышенной опасности или обнаружения необычного движения в зоне работ. Последнее повышает прибыльность работы как напрямую, так и опосредованно, благодаря снижению расходов на исправление возникающих аварийных ситуаций.

При этом современный этап развития отрасли диктует необходимость перехода на следующий этап цифровизации, связанный с формированием цифровых двойников зданий [3] и применяемого оборудования [4].

Цифровая модель склада, являясь безрисковой средой, где возможна имитация любых стечений обстоятельств, позволяет оперативно проводить проверки гипотез по принципу «что-если» с существенной экономией средств и времени на экспериментах. Становится возможным спрогнозировать любые структурные и конфигурационные изменения складов, а также логистических цепочек без физического видоизменения объектов, режимов работы и предполагаемых изменений трудовых процессов, и оценить результат по итогу такого моделирования. И всё это с существенно меньшими финансовыми затратами, чем традиционные подходы.

Необходимо учитывать, что разработка многофакторных систем со сложной иерархией посредством применения цифровых двойников требует поиска сбалансированного соотношения между заданными требованиями и необходимыми ограничениями. В качестве последних чаще всего выступают целевые показатели объекта - характеристики его функционирования [5]. В связи с этим наибольшая значимость отводится методам, обеспечивающим возможность контроля работы как системы целиком, так и отдельных её составляющих во взаимодействии в непрерывном режиме.

Среди существенных внешних ограничений функционирования склада всегда будет выступать ресурсное ограничение, которое в первом приближении связано с поступлением/оттоком товара. В случае моделирования единой среды для крупного предприятия, имеющего свои производственные мощности, указанное ресурсное обеспечение должно быть распространено на возможности предприятия по производству складированной продукции. Ресурсные ограничения структурируются на временные, финансовые, технологические, производственные и др.

Трансформация складских помещений по цепочке цифровой – умный – виртуальный затрагивает необходимость проведения значительного объёма работ по переводу всего (или, по крайней мере, большей части) применяемого технологического стационарного и мобильного оборудования в режим автоматизированной работы с применением складских промышленных и мобильных роботов и/или робототехнических комплексов.

При этом, если часть вопросов может быть решена посредством вышерассмотренных трекинга и отслеживания позиционирования, то вопросы подвижности техники можно решить посредством изменения ходовых частей машин и мобильного оборудования [6], когда значительно упрощается процедура управления ходовой частью. Схема с применением роликонесущих колёс Илона делает возможным передвижение машин в произвольном направлении с места. Это не только существенно повышает скорость срабатывания, но и сокращает площади, необходимые в традиционных схемах

машин, для осуществления разворотов и поворотов. Сужение транспортных коридоров позволит расширить суммарные площади складов, используемых для размещения продукции, что повысит товароёмкость складских помещений.

Результаты исследования

С учётом вышеотмеченного, взаимосвязь структур цифрового, умного и виртуального складов, а также этапов жизненного цикла, применяемых технологий и получаемых эффектов представлены в табл.1.

Таблица 1 – Взаимосвязь цифрового, умного и виртуального складов

Уровень (тип) складского комплекса Этапы жизненного цикла		Технологии	Эффекты
Виртуальный склад			
Умный	Цифровой склад Планирование производства складских работ Планирование ресурсов	<ul style="list-style-type: none"> • Цифровое проектирование процессов • Новые технологии, материалы и оборудование, включая сертификацию • Big Data • Блокчейн 	<p>Сокращение числа ошибок</p> <p>Сокращение отходом продукции</p> <p>Сокращение срока введения в действие</p>
склад	<i>Цифровой склад</i> + Пусконаладочные работы Эксплуатация	<p><i>Цифровой склад</i> +</p> <ul style="list-style-type: none"> • Автоматизация / Роботизация производства складских работ • Сенсорика • Индустриальный Интернет 	<p><i>Цифровой склад</i> +</p> <p>Сокращение и энергоёмкости</p> <p>Повышение производительности</p> <p>Сокращение предпусковых этапов</p>
	<i>Умный склад</i> + Планирование производственного процесса Введение склада в работу Сервисное обслуживание	<p><i>Умный склад</i> +</p> <p>Информационные и автоматизированные системы управления складом</p>	<p><i>Умный склад</i> +</p> <p>Повышение добавленной стоимости продуктов</p> <p>Увеличение занятости</p> <p>Прозрачность цепочек поставок</p>

Означенные переходы от уровня к уровню возможны после формирования базовых компетенций у вновь выпускаемых из вузов специалистов, при подготовке которых возможно использовать образовательные наработки в смежных областях [7-9], что интенсифицирует формирование новых дисциплин.

Выводы

Проводимая работа позволила обозначить основные проблемы эксплуатации складских помещений, а также необходимые этапы и технологии, обеспечивающие переход складов на уровень функционирования, отвечающий современным машиностроительным и цифровым вызовам.

Библиографический список

1. Неверова Е. В. Цифровизация и автоматизация систем складирования: тренды и проблемы // Новые бизнес-модели цифровой экономики в субъектах РФ: сборник статей по материалам всероссийской научно-практической конференции с международным участием: в 2 ч., Хабаровск, 21 марта 2022 года. Том ЧАСТЬ 1. – Хабаровск: ХГУЭП, 2022. – С. 156-162.
2. Навигация на складе [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://indoorsnavi.pro/storage-navigation/> свободный
3. Цифровой двойник склада [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://bia-tech.ru/solutions/imitacionnaya-model-sklada/?utm_source=eLama-yandex&utm_medium=src&utm_campaign=Цифровой+двойник+|+Поиск+|+РФ&utm_content=cid|98027384|gid|5315583197|aid|15236937495|adp|no|dvc|desktop|pid|48012808954|rid|48012808954|did|48012808954|pos|premium1|adn|search|crid|0|&utm_term=система%20цифрового%20двойника&uclid свободный
4. Голубев, И. Г. Перспективные направления цифровизации инженерной сферы АПК / И. Г. Голубев, А. С. Апатенко, Н. С. Севрюгина // Перспективные направления рационального землепользования и цифровизация земледелия : Сборник докладов VII Международной научно-практической конференции, посвященной 300-летию Российской академии наук, Курск, 02–04 октября 2023 года. – Курск: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Курский федеральный аграрный научный центр", 2023. – С. 54-57.
6. Морозов М.А. Модернизация фронтального погрузчика // Дни студенческой науки : сборник докладов НТК НИУ МГСУ, Москва, 27 февраля – 03 2023 года / НИУ МГСУ. – М.: НИУ МГСУ, 2023. – 541 с. – ISBN 978-5-7264-3229-8. – EDN GHAMRL. - с 272-277.
7. Плавельский Е.П., Густов Д.Ю., Скель В.И., Агарков А.М. О новой подготовке специалистов-механиков для строительной отрасли // Строительство: наука и образование. 2023. Т. 13. Вып. 3. Ст. 6. URL: <http://nso-journal.ru> DOI: 10.22227/2305-5502.2023.3.6
8. Назарова, Л. И. Смешанное обучение как механизм цифровой трансформации профессионального образования / Л. И. Назарова, Я. С. Чистова, Н. С. Гриценко // Агроинженерия. – 2022. – Т. 24, № 6. – С. 76-79. – DOI 10.26897/2687-1149-2022-6-76-79.
9. Овсянникова, Е. А. Проектный метод обучения на примере дисциплины «Монтаж электрооборудования и средств автоматизации» / Е. А. Овсянникова // Дистанционное обучение: методы и приемы : Сборник статей / Отв. редактор И.С. Юхнова. – Нижний Новгород : Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 2020. – С. 199-204. – EDN OJNMGQ.

Дубайлова Т. С.

Научный руководитель: Ветрова С. М.

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва

Аннотация. В данной статье рассмотрена перспектива применения «умных» материалов с заданными характеристиками, нашедшие широкое применение в робототехнических комплексах.

Ключевые слова: «умный», материал, память формы, материаловедение.

Материаловедение определяло развитие цивилизаций с самого зарождения человечества. Улучшение материалов для изготовления инструментов и оружия позволило людям распространяться и завоевывать новые земли.

Рассматривать хронологию использования и создания человечеством различных материалов, необходимо по периодам эволюции.

Вначале потребности в питании, жилье, оружии, одежде и т.д. человек осуществлял только за счет природных материалов. Это, прежде всего, древесина, растения и камень (материалы для получения огня и приготовления пищи, одежды или в качестве строительных материалов для изготовления жилищ и др.), правда с применением примитивных технологий их обработки или переработки на уровне механического воздействия на изделия, появляются орудия типа наконечников копий, скребков или каменных ножей и т.д. Ведь не зря в истории выделяют «каменный век» [1].

Однако со временем, по мере роста потребностей и развития технологий, в результате направленного воздействия человека на природные материалы появились модифицированные на уровне физической и химической структур материалы (типа керамики, стекла или железа), называемые сегодня искусственными.

В XX веке человечество начало активно использовать не природные, а синтетические материалы.

Во второй половине XX века возникло множество новых классов материалов. Особенное место среди них занимают композиционные материалы, которые состоят из двух и более компонентов. Состоит из наполнителя, который внедрен в полимерную, керамическую или металлическую матрицу. Характерной особенностью композитов является то, что комбинация из двух или более составных частей создаёт материал со свойствами, превосходящими свойства компонентов по отдельности. Кроме того, путём предварительного моделирования структуры этих материалов можно получать композиты с заданными свойствами, наиболее полно отвечающими их эксплуатационным характеристикам.

Еще одной стремительно развивающейся областью материаловедения является развитие нового поколения материалов - «умных» (англ. – «smart

materials») материалов, которые способны реагировать на атмосферное давление, температуру, изменения в химическом составе и др. параметры. Внешними воздействиями, меняющие свойства «умных» материалов, могут быть: механические нагрузки, электрическое или магнитное поля, температура, свет, влажность, химические свойства среды и др. [2-3].

Изменение свойств «умного» материала является обратимым и может повторяться много раз. Существует много типов «умных» материалов, к наиболее распространённым можно отнести материалы с эффектом памяти формы на основе никелида титана [4].

Таблица 1. Физико-механические свойства сплава на основе TiNi.

Свойства сплава	Значение
Плотность ρ , 10 ³ кг/м ³	6,45–6,50
Температура плавления $T_{пл}$, °С	1 250–1 310
Коэффициент термического расширения $\alpha \cdot 10^{-6}$, град ⁻¹	6,0*–14
Удельное электросопротивление, 10 ⁻⁸ Ом · м	65*–76
Коэффициент Пуассона μ	0,48*–0,33
Модуль нормальной упругости E , ГПа	68*–74
Модуль сдвига G , ГПа	23*–25
Временное сопротивление при растяжении σ_v , МПа	600–900
Предел текучести σ_t , МПа	400–600
Фазовый предел текучести σ_t^ϕ , МПа	150–200
Относительное удлинение δ , %	20–40
Эффект памяти формы:	
предельная деформация, при которой происходит полное восстановление формы ϵ_{max}^ϕ , %	6–8
реактивное напряжение σ_r , МПа	300–500

* Данные относятся к мартенситному состоянию сплава.

Сплав с «эффектом памяти» фиксируют в исходной форме, которую он и «запоминает», затем подвергают отжигу при 500 °С. В процессе отжига образуется неупругая твердая высокотемпературная фаза сплава – аустенит. При последующем охлаждении образца формируется упругая, легко деформируемая низкотемпературная фаза – мартенсит. При последующей деформации и нагреве сплава атомы образуют аустенитную решетку, и форма образца восстанавливается.

Сплавы с «эффектом памяти» нашли множество применений, например, в термомеханических приводах, которые используются в робототехнике.

Принцип действия термомеханического привода основан на способности материалов с эффектом памяти формы производить перемещения и создавать

значительные усилия. Такие приводы могут быть одноразового и многократного срабатывания.

Работа привода многократного действия может быть основана на использовании эффекта обратимой памяти формы для приводов с незначительными усилиями и перемещениями. При использовании однократного эффекта памяти формы в конструкциях должен быть предусмотрен специальный элемент возвратного деформирования привода, например, контрпружина.

В качестве примера на рис.1 приведен тепловой диод, который содержит входной теплопровод 1, выполненный из сплава с эффектом памяти формы, и выходной теплопровод 2. Функционирование диода связано с реализацией обратимой памяти формы входного теплопровода, форма которого при нагревании обеспечивает, а при охлаждении — исключает тепловой контакт с выходным теплопроводом.

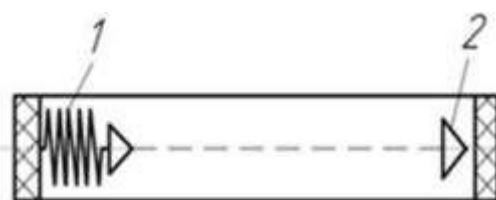


Рис. 1. – Схема теплового диода

На рис.2. приведена схема устройства для выдвижения рамки из корпуса. Принцип работы состоит в следующем: термомеханический привод 1 при нагревании выпрямляется и выдвигает рамку 4 из корпуса 3, при этом привод растягивает пружину 2. При охлаждении реактивные усилия в приводе падают, пружина деформирует привод в обратном направлении и втягивает рамку в корпус. Устройство может срабатывать многократно.

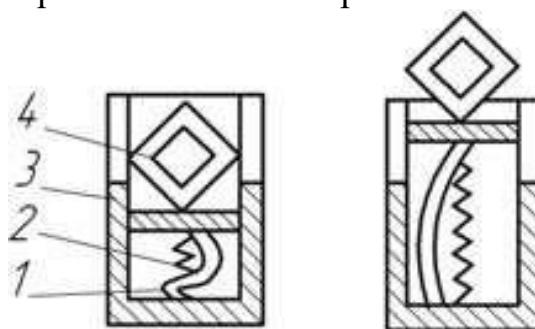


Рис. 2. – Схема устройства для выдвижения рамки из корпуса

Использование таких термомеханических приводов эффективно в робототехнике. Например, в качестве материала для изготовления, захватывающих устройств, предназначенных для длительного удерживания объектов различной формы и плотности.

Устройства, используемые в качестве движителей со сплавами с эффектом памяти формы, не требуют использования электромеханических, гидравлических или пневматических силовых приводов, просты по конструкции,

эффективны при работе в экстремальных условиях, например, в зонах повышенной радиации, в вакууме, в агрессивных средах и др.

Комплексный подход в использовании традиционных приводов и приводов на основе материалов с эффектом памяти формы позволит создавать уникальные робототехнические системы, которые особенно эффективны с области мини размеров.

Еще одной особенностью применения материалов с эффектом памяти формы обусловлена плавностью действия роботов тем, что заданная величина усилия (силы восстановления формы) определяется регулируемой температурой и не зависит от положения элементов, что приближает действие робота к действию мускульного механизма.

Таким образом, сегодня можно эволюционно провести историческую периодизацию развития материаловедения по разновидностям используемых человеком материалов по уровню техногенного воздействия человека на имеющиеся в природе вещества (изменение их внешней формы под воздействием механического воздействия и далее внутренней физической и, наконец, химической структуры) с целью получения материалов с комплексом заданных свойств различного функционального назначения.

Библиографический список

1. История материаловедения: Учебник / О.С. Сироткин, П.Б. Шибяев. – Рязань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2014 – 255 с.
2. Балькова, Т. И. Современное материаловедение: Учебное пособие для студентов очной и заочной формы обучения по направлениям «Агроинженерия» и «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» / Т. И. Балькова, С. М. Гайдар, А. М. Пикина. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2023. – 124 с.
3. Балькова, Т. И. Электротехническое материаловедение / Т. И. Балькова, С. М. Гайдар, А. М. Пикина. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2023. – 250 с.
4. Струк В.А., Пинчук Л.С., Мышкин Н.К., Гольдаде В.А., Витязь П.А. Материаловедение в машиностроении и промышленных технологиях. - М.: Интеллект, 2010. – 536 с.
5. Ветрова, С. М. Определение коррозионной стойкости низколегированной стали / С. М. Ветрова, А. С. Барчукова // 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, Тамбов, 27–29 сентября 2023 года. – Тамбов: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве", 2023. – С. 196-198.

6. Гайдар, С. М. Влияние легирующих элементов и термической обработки на механические свойства низколегированных сталей / С. М. Гайдар, С. М. Ветрова, А. С. Барчукова // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2023. – № 9. – С. 11-15. – DOI 10.31044/1684-2561-2023-0-9-11-15.

УДК 631.314

КЛАССИФИКАЦИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ДЛЯ ПЕРВИЧНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТОК ПОЧВЫ ПРИ ВВОДЕ ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЕЛЬ

Ерохин Д. С., аспирант кафедры технологических и транспортных машин и комплексов,

Алимурадов А. А., старший преподаватель,

Кудласевич Р. А., аспирант кафедры технологических и транспортных машин и комплексов.

Научный руководитель – Голубев В. В.

ФГБОУ ВО Тверская ГСХА, г. Тверь, РФ.

Аннотация. Для возможной автоматизации процесса выбора технических средств, как основополагающего элемента в виде базы данных, предлагается классифицировать существующие рабочие органы почвообрабатывающих машин для выполнения различных этапов обработки почвы. Разнообразие применяемых рабочих органов позволяет учитывать многие факторы при реализации данной классификации для различных задач при проектировании и изготовлении отдельных и комбинированных рабочих органов.

Ключевые слова: почвообработка, классификация, ввод залежи, технологические операции, рабочие органы.

Введение. Система мероприятий формирования кормовой базы, льносеющей подотраслей включена в отрасль растениеводства, позволяя повысить продуктивность сеяных трав и других мелкосеменных культур при введении залежных земель. Отдельные технологические операции и процессы реализованы в машинно-тракторном агрегате.

Цель и задачи исследования. Целью исследования является выделение классификационных признаков схожих по функциональному назначению и ряду конструктивных отличий рабочих органов для почвообработки на различных временных промежутках. Решение сформированных задач исследования позволит реализовать разработку методики и выполнение мониторинга сельскохозяйственных угодий, совершенствование технологических операций и применение инновационных технических средств механизации для

возделывания травосмесей, льна-долгунца, оценки эффективности применяемых технических решений [1].

Материалы и методы: На основании теоретическо-экспериментальных исследований предложена технологическая схема, включающая технологические процессы: мониторинг полей сельскохозяйственного назначения, подготовку необходимых минеральных удобрений и высеваемого материала, соответствующую регулировку машинно-тракторного агрегата для введения залежных земель путём возделывания мелкосеменных культур, оценка урожайности возделываемых мелкосеменных культур, сравнительный мониторинг введённых залежных земель. Проводимый мониторинг нацелен на цифровизацию обследования участков залежных земель, позволяя оптимизировать внесение удобрений и используемых технических средств разработанной технологии [2, 3]. Технология ввода залежных земель в сельскохозяйственный оборот включает технологические операции, связанные с качественной подготовкой почвенного профиля залежных земель - удаление кочек растительного происхождения, предпосевная подготовка почвы, а также подготовка высеваемого материала в виде травосмеси с минеральными удобрениями, последующий посев с использованием инновационного дискового пневматического высевающего аппарата с заделывающим устройством.

Результаты: На основании полевого опыта, проведённого на вводимых в сельскохозяйственный оборот залежных землях ФГБОУ ВО Тверская ГСХА, определено, что в сравнении с классическим технологическим процессом подготовки почвы с использованием дискаторов разработанная технология имеет положительный эффект при посеве травосмесей и льна-долгунца [4, 5, 6]. Также при оценке полученного урожая отмечается увеличение полевой всхожести не менее 1,5...2,0 раз.

Почву обрабатывают для того, чтобы увеличить мощность пахотного поля, заделать удобрения, разрыхлить плужную подошву. Аэрация улучшается, благодаря чему растения получают достаточно влаги, а микроорганизмы активизируются. В рыхлой земле быстрее появляются всходы. Если обработка глубокая, корневая система посадок будет мощней, что позволит улучшить рост и развитие высеваемого материала. В технологические операции по обработке почвы входят: придание почве мелкокомковатой структуры, а также оптимальной для растений плотности и пористости; предотвращение эрозии, переуплотнения поверхности, потери влаги и питательных веществ; поддержка благоприятного фитосанитарного состояния [7-11].

Наиболее важно взрыхление в степи или на склонах. С его помощью удастся накапливать осадочную влагу около корней и отводить избыточную воду. При этом, интенсивная обработка может приносить вред: приводить к

потере гумуса, разложению дернины, эрозии. Частые проходы агротехники иногда переуплотняют пахотный слой.



Рис. 1 – Применяемые при обработке почвы рабочие органы

Приёмы обработки почвы подбирается индивидуально. Например, если речь идет о поле с неровной поверхностью и большим количеством неразложившихся остатков растений, то оптимальным будет фрезерование на глубине до 15 см. Используются следующие отвалы - винтовые; полувинтовые; культурные; специальные. Плантажная вспашка – это пахота на глубину 40...70 см, иногда до 100 см. Чаще она используется на виноградниках и в плодовых садах.

При безотвальном рыхлении почва не вспахивается. Оно служит для насыщения почвы кислородом и гумусом, улучшения впитываемости влаги, аэрации. На небольших участках используют плоскорез Фокина. Это металлический крюк, который прикрепляют к черенку.

Плоскорезная обработка – неглубокую обработку (около 10 см) проводят сразу после уборки посадок.

Фрезерование – обрабатывается путём крошения, перемешивания, рыхления слоя. Глубина не превышает 25 см. Чаще всего фрезы используют на торфяниках, залежных и задернелых участках. Недопустимо применять фрезерование на переувлажненной или завалуненной почве. Недостаток приема в том, что фреза убивает живущих в земле агробиоту, особенно дождевых червей. К тому же, изрезанные корни сорных растений остаются в верхнем слое почвы и активно размножаются. Могут разрушаться структурные агрегаты минеральных почв. Рабочая часть фрезы – нож.

Обработка земли чизельным плугом, дисковыми рабочими органами и кротодренами нужна для сбережения и накопления влаги: она с поверхности

переходит во внутренние слои грунта, снижая размыв почвы. Подошва разрушается, из-за чего корни впитывают воду из нижерасположенных горизонтов. Чизелевание препятствует ветровой эрозии, благотворно воздействует на воздушный режим.

Известны полозовидные сошники, имеющие почвоотвердители для снятия сухого слоя, загортачи и шлейфы [1]. Однако существующие загортачи, работая во влажном слое, образуют комковатую структуру, не обеспечивающую надежного контакта семян с почвой, и при работе смешивают семена в продольном направлении, что нарушает их равномерное распределение.

Библиографический список

1. Лазарев, Н. Н. Способы создания сеяных лугов на залежных землях / Н. Н. Лазарев, А. А. Шибуков, Ф. В. Зубков // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 1. – С. 70-81.

2. Результаты технологии введения залежных земель в севооборот / А. В. Кудрявцев, Ю. А. Кокорев, П. В. Морозов [и др.] // Вестник НГИЭИ. – 2020. – № 12(115). – С. 5-15. – DOI 10.24411/2227-9407-2020-10115.

3. Технологические процессы ввода залежи и устройства для их осуществления / А. В. Кудрявцев, В. В. Голубев, А. А. Алимуратов, Д. С. Ерохин // Студенческая наука, Тверь, 14–16 марта 2023 года. – Тверь: Тверская государственная сельскохозяйственная академия, 2023. – С. 300-303.

4. Бартнев, И. М. Выбор типа и параметров рабочих элементов ротационного рыхлителя плуга / И. М. Бартнев // Бюллетень Всесоюзного научно-исследовательского института агролесомелиорации. – 1981. – № 2(36). – С. 5-8.

5. Анализ современных двухдисковых сошников и их цифровая классификация / В. Р. Петровец, Н. И. Дудко, Д. В. Греков, В. В. Вабищевич // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства : сборник научных трудов. Том Выпуск 5. – Горки : Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. – С. 284-293. – EDN RYUNJE.

6. Никифоров, М. В. Совершенствование конструкции выравнивающих рабочих органов для предпосевной обработки почвы под мелкосеменные культуры / М. В. Никифоров // Вестник НГИЭИ. – 2018. – № 12(91). – С. 30-39.

7. Яхин, С. М. Обоснование параметров ротационного орудия для поверхностной обработки почвы с наклонными шестиугольными дисками / С. М. Яхин, И. И. Алиакберов, А. Р. Вахитов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 17, № 4(68). – С. 106-111. – DOI 10.12737/2073-0462-2023-106-111. – EDN ANKPUO.

8. Совков, А. Ф. Выбор и расчет основных рабочих параметров вибратора активного рабочего органа черенкового типа (арочт) / А. Ф. Совков // Проблемы и тенденции инновационного развития агропромышленного комплекса и аграрного образования России : материалы Международной научно-практической конференции, пос. Персиановский, 07–10 февраля 2012 года. Том III. – пос. Персиановский: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Донской государственный аграрный университет", 2012. – С. 115-118.

9. Шмидт, А. Н. Анализ рабочих органов ротационных борон / А. Н. Шмидт, А. З. Нугманов, Г. В. Дунин // СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ и ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ НАУКИ : сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции, Новосибирск, 12 марта 2018 года. Том Часть 2. – Новосибирск: Общество с ограниченной ответственностью "Агентство международных исследований", 2018. – С. 137-141.

10. Данатаров, А. Агротехнические требования рыхлителя-кротователя / А. Данатаров // Молодой ученый. – 2010. – № 8-1. – С. 59-62.

11. Современные технологии известкования для повышения эффективности сельскохозяйственных угодий / Н. В. Алдошин, А. С. Васильев, В. В. Голубев [и др.]. – Москва : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2021. – 96 с. – ISBN 978-5-7367-1654-8. – EDN OZOFEZ.

УДК 631.34

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ VR-ПРОГРАММ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ПО УСТРОЙСТВУ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Зунин А. А., студент

Акелин Н. А., магистрант

*Российский государственный аграрный университет – МСХА имени
К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ*

*Старолатко Т. Ю., магистр техн. наук, CEO XRfleet, директор ИТ
Компании ООО СтарКоСтудия, г. Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: Балабанов В. И., доктор техн. наук, профессор,
заведующий кафедрой организации и технологий гидромелиоративных и
строительных работ,*

*Российский государственный аграрный университет – МСХА имени
К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ*

Аннотация: в статье рассматриваются проблематика, актуальность продукта, а также общественная значимость проекта по разработке VR-приложения для обучения по устройству и эксплуатации сельскохозяйственной техники, в частности при подготовке трактористов-машинистов.

Ключевые слова: VR-приложение, безопасность, устройство, эксплуатация, тракторист-машинист, сельскохозяйственная техника.

Введение.

С развитием технологий виртуальной реальности (VR) и их все большей популярностью, эти инновации начинают проникать в различные сферы человеческой деятельности. Одним из таких направлений является симуляция обучения инженерно-технических кадров по устройству и эксплуатации сельскохозяйственной (мелиоративной, строительной) техники.

Симуляторы виртуальной реальности для сельскохозяйственных работ предоставляют возможность создавать детализированные модели ландшафта и просчитывать возможные воздействия на экосистему в разных сценариях. Это позволяет оценивать результаты применения агротехнических мероприятий и определять наиболее эффективные и экологические подходы к управлению земельными ресурсами.

В статье рассмотрено применение VR-технологий в обучении инженерно-технических специалистов, которое помогает им лучше понять принципы работы сельскохозяйственной и другой техники, а также дает возможность

тренироваться на практике без непосредственного воздействия на реальную среду. Благодаря этому специалисты могут проводить обучение, избегая ошибок и негативного влияния на окружающую среду.

Традиционные методы обучения трактористов-машинистов для сельского хозяйства требуют значительных затрат времени и ресурсов, а также представляют определенный риск для безопасности обучающихся и окружающей среды, поскольку обучение проходит в реальных условиях. Существует необходимость в разработке инновационного и более эффективного подхода к обучению на основе технологий виртуальной и дополненной реальности, которые позволяют, не только улучшить качество подготовки, но и сократить время и затраты на обучение, а также повысить безопасность для обучаемого и окружающей среды (Рисунок 1) [1-3].



Рис. 1 – Практическое занятие по обучению работе на мотоблоке в виртуальной реальности

Цель исследований: ознакомление с направлениями применения VR-программ для обучения специалистов инженерно-технической сферы АПК устройству и эксплуатации сельскохозяйственной, (мелиоративной, строительной) техники.

Материалы и методы.

Для разработки специального VR-приложения необходимо решение следующих организационных и материально-технических задач [4-9].

1) Интеграция передовых технологий виртуальной реальности и 3D-моделирования в область подготовки трактористов-машинистов для АПК.

2) Применение фотограмметрического сканирования и программных инструментов, таких как Unreal Engine 5, Blender и Reality Capture, для создания детализированных и точных 3D-моделей элементов управления техникой.

3) Разработка адаптивных обучающих сценариев и системы оценки, позволяющих индивидуально подстраиваться под уровень знаний и навыков каждого тракториста-машиниста.

4) Использование машинного обучения и анализа данных для сбора и анализа информации о процессе обучения инженерно-технических кадров, например, трактористов-машинистов.

5) Обеспечение возможности дистанционного обучения и совместной работы между обучающимися и инструкторами.

Результаты и их обсуждение.

В процессе разработки технологий виртуальной и дополнительной реальности решаются следующие основные задачи [4-9]:

1) Теоретические основы и методы обучения трактористов-машинистов, включая понимание принципов работы и управления сельскохозяйственной (мелиоративной или строительной) техникой, а также специфику их эксплуатации.

2) Исследования в области виртуальной реальности, которые демонстрируют ее потенциал в области обучения и подготовки специалистов в различных сферах.

3) Работы по созданию и использованию 3D-моделирования и фотограмметрии для реконструкции реалистичных виртуальных сред, которые могут быть использованы в обучении.

4) Исследования в области машинного обучения и анализа данных, предоставляющие методы и инструменты для анализа обучающих сценариев, оценки эффективности и определения малоэффективных мест в процессе обучения.

5) Публикации и исследования, посвященные разработке дистанционных методов обучения и совместной работы, которые могут быть применены для создания гибких и доступных обучающих систем.

Выводы:

1. Применение виртуальной реальности в обучении устройства и эксплуатации сельскохозяйственной (мелиоративной, строительной) техники имеет множество преимуществ, таких как безопасность, экономия ресурсов, возможность отработки навыков в реалистичной среде и адаптивность обучения.

2. Профессионалы, обучающие инженерно-технические кадры, могут использовать симулятор в своей работе для демонстрации и объяснения различных аспектов работы, например тракториста-машиниста, а также для организации практических занятий. Колледжи, техникумы, учебные центры и другие организации, занимающиеся подготовкой инженерно-технических

кадров, могут использовать данный проект для улучшения качества и эффективности своих образовательных программ.

3. VR-симуляторы также могут использоваться для исследовательских целей, что предоставляет возможность проводить научные эксперименты в контролируемых условиях и улучшать методы эксплуатации различной техники. Это позволяет разрабатывать новые подходы и технологии, способствующие устойчивому развитию сельского хозяйства и охране окружающей среды.

Библиографический список

1. Пятибрат М.А., Балабанов В.И. Симулятор виртуальной реальности мелиоративных работ / Наука в Центральной России, № 3 (63). 2023. С. 118-130.

2. Балабанов В.И. Навигационные технологии в сельском хозяйстве. Координатное земледелие. [Учебное пособие]. / В.И. Балабанов, С.В Железова, Е.В. Березовский, А.И. Беленков, В.В. Егоров. М.: Из-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2013. – 143 с.

3. Технологии, техника и оборудование для координатного (точного) земледелия: учеб. / В.И. Балабанов, В.Ф. Федоренко и др. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. – 240 с.

4. Горбунова А.С., Петров В.В. Применение технологий виртуальной реальности в инженерном образовании: перспективы и вызовы. - Москва: Издательство РУДН, 2022. – 128 с.

5. Денисова М.В., Лаптева Е.Н. Опыт применения технологий виртуальной реальности в обучении аграрных специальностей: инновационные подходы. - Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева, 2022. – 150 с.

6. Егорова И.С., Фомичева О.Л. Виртуальная реальность в практике обучения мелиоративным работам: современные тенденции. - Москва: Издательство «Агропромиздат», 2022. – 92 с.

7. Лаврова М.А., Степанова О.В. Обучение студентов мелиоративным работам с использованием технологий виртуальной реальности: практический опыт. - Волгоград: Издательство ВолГУ, 2022. – 88 с.

8. Чернова Н.В., Киселев Д.А. Виртуальные симуляторы и их применение в обучении мелиоративным работам: от теории к практике. - Казань: Издательство Казанского национального исследовательского технического университета имени А.Н. Туполева, 2022. – 102 с.

9. Яковлева Е.В., Миронова О.Н. Внедрение технологий виртуальной реальности в обучение студентов в области мелиорации и водного хозяйства. - Самара: Издательство Самарского государственного аграрного университета, 2022. – 98 с.

УДК 636.5

АНАЛИЗ СРЕДСТВ И СПОСОБОВ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ РАДИОЧАСТОТНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ (RFID) В ПТИЦЕВОДСТВЕ

Карасев Н. А., студент 5-го курса.

Научный руководитель: Филонов Р. Ф.

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ.

Аннотация. Преимуществом применения RFID меток является возможность создания системы автоматической идентификации птицы и точного птицеводства. Особенную актуальность данная задача имеет в сфере племенного птицеводства. Кроме того система нужна для научной работы, поскольку позволяет изучать поведение птиц на новом техническом уровне.

Ключевые слова: RFID, идентификация, племенной учёт.

Введение.

RFID технология – распространённый способ бесконтактной цифровой идентификации отдельных особей, который доказал свою эффективность в животноводстве, однако аналогичные системы для птицеводческих хозяйств пока не получили широкого распространения.

В производственных условиях большинства предприятий, значительное затруднение вызывает необходимость отлова и идентификации конкретной птицы для её учёта и оценки факторов, имеющих практическое значение. Однако, с помощью RFID технологии можно значительно увеличить охват наблюдаемого поголовья во временном и количественном измерении, повысить скорость, точность и качество, а так же увеличить объем учитываемых параметров, тем самым снизить ошибки вызванные человеческим фактором, повысить производительность труда, и перейти к учёту ранее не доступных для наблюдения характеристик, таких как: характер пищевого и питьевого поведения, локомотация, гнездование и т.д. .

Обзор технологий радиочастотной идентификации.

Система радиочастотной идентификации состоит из считывателя, снабжённого антенной и метки содержащей уникальный идентификационный код (тег). В общем случае метка состоит из микрочипа и антенны, совместно закрепленных на полимерной подложке (инлее). Для дополнительной защиты, а так же в целях повышения удобства использования метку фиксируют в корпусе из различных материалов (пластик, резина, текстиль, керамика, металл и т.п.), таким образом получается готовое изделие, называемое «транспондером».

Компоненты считывающих устройств.

Для считывающих устройств всех возможных типов и моделей могут быть выделены два основных блока: блок управления и блок высокочастотной связи. Блок управления отвечает за кодирование сигнала и связь с внешними устройствами и прикладными программами.

Высокочастотный интерфейс считывающего устройства создаёт мощное радиоизлучение, которое используется для активации транспондера (попавшего в поле считывателя), передачи ему необходимой энергии и приёмо-передачи высокочастотных сигналов между считывателем и транспондером.

Стандарты для идентификации животных.

В нормативных документах ISO описываются способы идентификации животных с помощью радиометок, при этом конструкция транспондеров никак не оговаривается, таким образом для каждого животного можно подобрать наиболее удобную форму идентификатора.

ISO 11784: «Идентификация животных радиочастотная – Структура кодов» (описывает структуру идентификационных значений кода, длиной до 64бит.)

ISO 11785: «Идентификация животных радиочастотная – Техническая концепция» (определяет способы передачи данных и содержит требования к методу активации транспондера)

ISO 14223: «Идентификация животных радиочастотная – Транспондеры с расширенными функциями»

Сфера применения RFID меток.

Как уже было сказано, радиометки получили широкое распространение в сельском хозяйстве, но в птицеводстве внедрение этих технологий несколько запаздывает ввиду медленного совершенствования технико-элементной базы. Однако, мы отмечаем ежегодное возрастание интереса к данной технологии. Так, например, в последнее время был проведён ряд исследований, направленных на практическое внедрение RFID технологий в птицеводстве.

Отмечаем работу голландских исследователей [1] утверждающих, что в настоящее время большинство систем RFID, используемых для кур-несушек, работают в диапазоне 134,2кГц, что так же согласуется с международным стандартом ISO 11785: «Идентификация животных радиочастотная – Техническая концепция».

В ходе лабораторных испытаний низкочастотной RFID-системы швейцарскими коллегами [2], была оценена вероятность регистрации радиометок. В результате было обнаружено, что она снижалась при скорости меток более 1,5 м/с. Исследователи предложили, в качестве решения, уменьшить идентификатор метки с 64 бит до 32 бит (более 4 миллиардов уникальных

значений). Так же авторами было установлено, что несмотря на чувствительность птиц к электромагнитным полям, считыватели не вызывали у кур-несушек изменения поведения или беспокойства.

В других исследованиях [3-4] были предложены системы, позволяющие регистрировать кур-несушек и гусей в гнездах, во время откладки яиц, тем самым в автоматическом режиме регистрировать происхождение каждого яйца, в условиях свободного гнездования птицы.

Системы радиочастотной идентификации так же используются в целях исследования индивидуального потребления корма и массы тела молодых цыплят, размещенных в группе. Для этого рядом авторов [5], разработаны системы автоматического кормления, с одновременным считыванием уникальной RFID метки птицы.

Так же с помощью радиометок удалось идентифицировать отдельных птиц на видео, сохраняя траекторию перемещения каждой птицы, тепловую карту предпочитаемых локаций, индивидуальное и групповое поведение, такое как вокализация, клевание перьев, лидерство, ведомость, независимость в размещении и т.п. [6]. В данной работе для идентификации отдельных птиц, попадавших в зону видеонаблюдения, использовались радиометки и считыватели, установленные в основание вольера. Помимо прочего авторы считают, что в настоящее время только RFID-система может обеспечить индивидуальную идентификацию бройлеров без цветовой маркировки, а комбинация проверяемого и детального видео с уникальной идентификацией может позволить описать и количественно оценить широкий спектр поведения отдельных птиц.

Действительно, RFID системы содержат несколько важных преимуществ, вот некоторые из них:

1. *Достоверный контроль происхождения птицы.* RFID метку крайне сложно подделать, поэтому целесообразно использовать её в качестве сертификата, удостоверяющего происхождение птицы. Возможно сделать транспондер защищённый от вскрытия и переустановки на другую птицу. Сертификат можно в любой момент прочитать посредством обычного смартфона снабжённого устройством NFC, таким образом можно отслеживать всю цепочку поставок.

2. *Контроль происхождения яйца.* Как было показано, существует техническая возможность создать гнёзда, снабжённые RFID считывателями. Яйца из таких гнёзд будут с высокой долей вероятности идентифицированы по происхождению, даже в хозяйствах со свободным выгулом птицы. Аналогичная работа проделана зарубежными авторами в отношении гусей.

3. *Ведение автоматизированной базы данных.* Вся информация о птицах находящихся в хозяйстве, их родственных связях на любую глубину, перенесенных вакцинациях, болезнях, экспериментальных выборках, а так же свойствах, проявленных в потомстве, и т.п. будет доступна для автоматизированного внесения в цифровую базу с последующим автоматическим анализом данных с помощью цифровых нейронных сетей.

4. *Защита от ложных и повторных считываний.* Для обеспечения целостности данных и защиты их от помех при считывании с транспондера, может использоваться контрольная сумма, что позволяет установить случаи, когда данные были считаны с ошибками. В таком случае, либо в случае повторного считывания, ошибочные данные будут игнорироваться.

5. *Автоматизация технологических процессов.* Существует техническая возможность организовать с помощью радиометок контролируемое перемещение отдельных птиц [5]. Это позволяет организовать вылов отдельно взятой птицы в племенном хозяйстве в автоматическом режиме, по удалённой команде управляющего специалиста. Кроме того, получая на руки какую-либо отдельную птицу, технический персонал может одновременно получать информацию обо всех необходимых манипуляциях, которые нужно провести с данной особью (осмотр, взвешивание, изъятие биологического материала для анализов и т.п.), и манипуляциях которые делать строго запрещено (по карантинным или другим соображениям).

6. *Стойкость к условиям окружающей среды.* В отличие от других средств автоматической идентификации, таких как штрихкод, RFID-теги абсолютно не восприимчивы по отношению к пыли, влажности, газам, высоким температурам или другим подобным неблагоприятным факторам. Как правило транспондеры соответствуют степени защиты IP67, т.е. являются пыле и водонепроницаемыми.

Выводы.

Радиочастотные системы (RFID) зарекомендовали себя как надёжное средство идентификации, и подходит для использования в птицеводстве. Благодаря способности хранить большой объем информации, возможности автоматически подключаться к базе данных и высокой степени защищенности, радиочастотные метки имеют практическую ценность для племенного птицеводства.

Библиографический список

1. URL: <https://www.mdpi.com/2076-2615/9/3/108>
2. Gebhardt-Henrich и соавторы, Individual tracking of laying hens with an RFID-System, Landtechnik 69(6), 2014, pp. 301–307,

3. URL: <https://www.mdpi.com/1424-8220/18/3/859>
4. URL: <https://www.mdpi.com/2076-2615/12/12/1545>
5. URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/23/12339>
6. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579122007>

064

УДК 621.928.26

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ВЫЧЕСЫВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ НА ЖЕЛОБООБРАЗНОМ ВАЛКОВОМ СЕПАРАТОРЕ

Кондратьев А. В., д.т.н, профессор, зав. кафедрой

Кочканян С. М., к.т.н., доцент

Лысенко Т. И., старший преподаватель

Тверской государственный технический университет, г. Тверь, РФ

Аннотация. Приведены результаты исследования движения растительных остатков по возрастающей крутизне стороны желоба валкового сепаратора. Получены зависимости эффективности вычесывания растительности от максимальной крутизны желоба на сепараторе с прижимным устройством и без него.

Ключевые слова: Желоб, сепаратор, максимальный угол крутизны желоба, растительные остатки, прижимное устройство, эффективность вычесывания, время работы.

В последнее время все чаще исследователи и разработчики сортирующих устройств обращают внимание на валковые сепараторы (грохоты), которые по своей просеивающей способности существенно превышают другие механические разделители, как по производительности, так и по эффективности работы [1-3]. Поэтому их применяют при разделении полезных ископаемых в горноперерабатывающей промышленности, для выделения камней из пахотного слоя и очистки корнеклубнеплодов от почвы в мелиорации и сельском хозяйстве, при сортировке твердых бытовых отходов, а также в других отраслях народного хозяйства [1, 4-6].

С целью разделения сложных сыпучих смесей, состоящих, например, из почвенных частиц, растительных остатков и камней, был предложен желобообразный валковый сепаратор для камнеуборочных машин [7]. Основной особенностью сепарирующего устройства является трехпоточное движение разделяемого материала, когда камни перемещаются вдоль валов желоба,

постоянно поднимаясь и скатываясь по его стороне и при этом, отделяясь от почвенных частиц, которые просеиваются вниз между промежутками дисков, а растительные остатки, преодолевая крутизну стороны желоба, сбрасываются дисками верхнего вала на поверхность поля. Такое движение компонентов разделяемой смеси обусловлено тем, что камни, вследствие практически точечного контакта с вращающимися дисками и обладая сравнительно большой массой, поднимаясь по стороне желоба, не могут преодолеть его увеличивающуюся крутизну, и начинают скатываться вниз. Растительные же остатки в противоположность этому, имея сравнительно малую массу и большую опорную поверхность с дисками, транспортируются ими вверх, преодолевая наибольшую крутизну желоба.

Для интенсификации процесса вычесывания растительных остатков из каменистой массы на стенде желобообразного валкового сепаратора были проведены исследования по транспортированию волокнистых включений по стороне желоба.

Параметры испытательного стенда были следующими: количество валов – 6; длина валов – 0,6м; продольный угол наклона валов (вниз) – 5°; форма дисков – шестигранная, диаметр дисков – 0,34 м; толщина диска – 0,008 м; расстояние (промежуток) между дисками – 0,03 м; частота вращения валов с дисками – 110 об/мин; угол наклона стороны желоба (при горизонтальном расположении опорной рамы) внизу – 25°, вверху – 60°. В процессе экспериментирования путем подъема и опускания рамы сепаратора в перпендикулярном направлении относительно валов угол наклона стороны желоба менялся в пределах 10°...30° внизу и 45°...65° вверху соответственно.

В качестве транспортируемого материала использовали травяную дернину, взятую с минерального грунта.

Сначала изучали транспортирующую способность сепаратора при изменении наибольшей крутизны желобообразной поверхности в интервале 45°...65° за период времени работы устройства – 10 секунд. Эффективность вычесывания растительности определяли как отношение массы материала преодолевшего крутизну желоба к общей массе материала поступившего на валковый сепаратор. Полученные результаты исследований показаны в таблице.

Таблица 1 – Зависимость E от крутизны желоба

Показатель	Наибольший угол наклона (крутизны) верхнего вала желоба, град.				
	45°	50°	55°	60°	65°
Эффективность вычесывания растительности, %	100	85	76	40	25

Представленные данные свидетельствуют о том, что чем меньше крутизна желоба, тем устойчивее происходит подъем растительности по стороне желоба. При изменении наибольшего угла желоба от 45° до 65° за фиксированный промежуток времени эффективность вычесывания растительности снизилась на 75 %. В связи с этим следует отметить очевидный факт, что чем будет больше крутизна желоба, тем больше понадобится времени для преодоления растительностью стороны желобообразной поверхности. Принимая во внимание надежное скатывание камней со стороны желоба при наибольшей крутизне его поверхности $60^\circ \dots 65^\circ$ необходимо было предложить технические решения для интенсификации процесса транспортирования растительности вверх.

С этой целью были разработаны прижимные элементы, устанавливаемые над дисками верхних валов желобообразной поверхности валкового сепаратора [8]. Прижимные элементы выполнены в виде дугообразных упруго-эластичных (резиновых) лент, установленных в шахматном порядке к поверхности желоба и с зазором к вращающимся дискам. При этом дуга прижимного элемента образует острый угол с сепарирующей поверхностью, что должно было способствовать затягиванию растительности диском под прижимной элемент. Поэтому были проведены сравнительные исследования работы желобообразного валкового сепаратора со свободной поверхностью и с поверхностью снабженной прижимными элементами при наибольшей крутизне желоба 60° и 65° .

Сравнительные показатели результативности вычесывания растительности в зависимости от продолжительности работы желобообразного сепаратора при наибольшей крутизне его стороны 60° изображены на рисунке 1. Графический материал подтверждает положительные ожидания в случае установки дугообразных прижимных элементов, которые интенсифицируют процесс вычесывания растительности в среднем в 2 раза. При этом время перемещения растительности по стороне желоба сокращается на 30 %. Так, например, если на сепараторе с прижимными элементами для полного вычесывания растительности понадобилось 12 секунд (кривая – 2, рис.1), то для свободной поверхности без прижимных элементов время полного вычесывания составило 17 секунд (кривая – 1, рис.1).

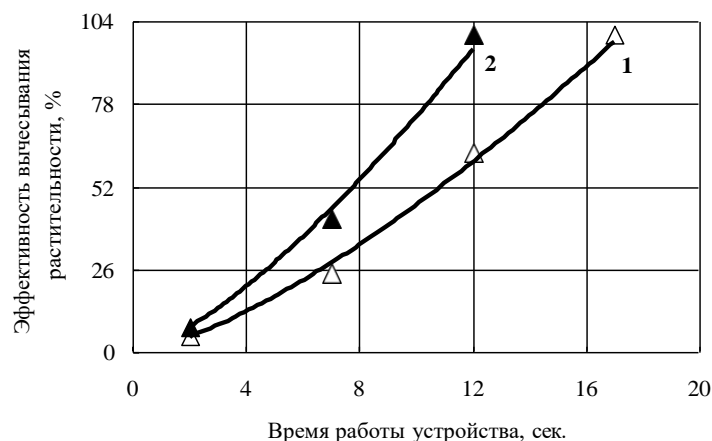


Рис. 1 – Зависимость эффективности вычесывания растительности от времени работы сепаратора: 1 – свободна сепарирующая поверхность, 2 – сепарирующая поверхность с прижимными элементами

Эффективность вычесывания растительности при наибольшем угле наклона стороны желоба равным 65° представлена на рисунке 2. Полученные зависимости показывают снижение скорости движения растительности по сепарирующей поверхности в обоих вариантах в среднем на 5 секунд по сравнению с углом 60° . Однако эффективность вычесывания растительности на желобе с прижимными элементами по-прежнему существенно выше. Так, например, если на сепараторе со свободной поверхностью время вычесывания составило 22 секунды (кривая – 1, рис. 2), то на устройстве с прижимными элементами полное вычесывание происходило за 17 секунд (кривая – 2, рис. 2).

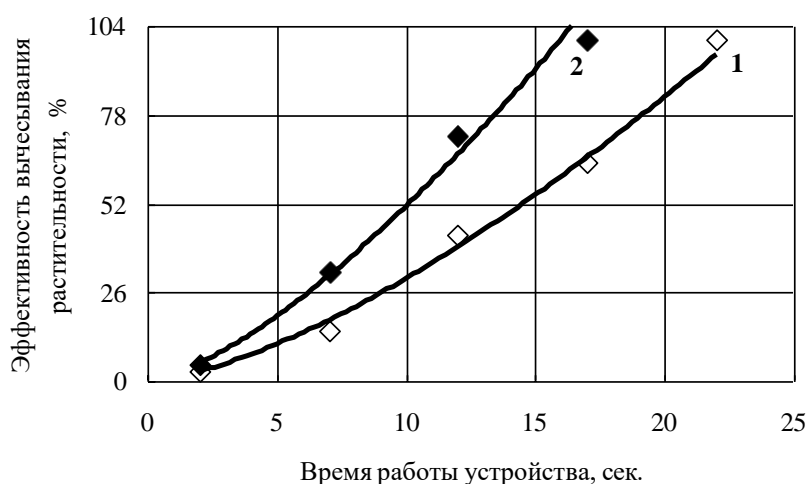


Рис. 2 – Зависимость эффективности вычесывания растительности от времени работы сепаратора: 1 – свободна сепарирующая поверхность, 2 – сепарирующая поверхность с прижимными элементами

Таким образом, проведенные исследования доказали возможность вычесывания растительности на желобообразном валковом сепараторе. Причем, было установлено, что использование на желобообразной сепарирующей поверхности упруго-эластичных прижимных элементов позволяет интенсифицировать эффективность вычесывания волокнистых включений на 23 – 30 % по сравнению со свободной поверхностью желоба. В то же время было установлено снижение скорости вычесывания с увеличением крутизны стороны желоба. Вместе с тем известно, что чем круче будет сторона желоба, тем меньше вероятность подъема камней на наибольшую высоту с последующим их сходом с дисков верхнего вала вместе с растительностью. Поэтому следует продолжить работы по изысканию еще более интенсивной эффективности вычесывания растительности, например, использовать прижимные элементы в виде вращающихся валов со щеточным ворсом или применить комбинированное прижимное устройство, включающее упруго-эластичные дугообразные элементы и вращающиеся валы со щеточным ворсом [9]. Дальнейшие исследования желобообразного устройства с улучшенной конструкцией прижимных элементов возможно приведут к повышению надежности вычесывания растительности из каменистой массы с одновременной оптимизацией данного процесса, что, в свою очередь, позволит рекомендовать желобообразные валковые сепараторы для разделения сложных сыпучих смесей в различных технологических процессах [10].

Библиографический список

1. Михайлова Н.В., Бизяев О.Ю., Спиридонов П.А. Устройство валкового типа для классификации влажного сырья // Обогащение руд. 2016. № 4. С. 48-55.
2. Абдуллах А.К. Обоснование конструкции и параметров валкового грохота для сортировочных комплексов дорожно-строительных машин: автореф. на соиск. ученой степ. канд. техн. наук: 05.05.04 – дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины Тверь, 2014. 19 с.
3. Юдин А.В., Шестаков В.С. Выбор оборудования и оценка схем мобильных карьерных комплексов при отработке закарстовых месторождений // Известия вузов. Горный журнал. 2017. № 1. С. 92-100.
4. Кузюев Д.П. Повышение износостойкости дисков валкового грохота для сортировки кокса: автореф. на соиск. ученой степ. канд. техн. наук: 05.02.04 – трение и износ в машинах М., 2009. 24 с.
5. Бондарев Ю.Ю., Звонарев И.Е., Иванов С.Л. Валково-дисковый сепаратор автономного модульного комплекса добычи и переработки торфяного сырья на топливо. Вестник Пермского национального исследовательского

политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. 2015. . № 14. С. 73-81.

6. Вайсберг Л.А., Михайлова Н.В. Сепарация твердых коммунальных отходов с получением топлива для цементной промышленности // Экология и промышленность России. 2016. Т.20. № 12. С. 4-8.

7. Кондратьев А.В., Кочкян С.М., Лысенко Т.И. Определение рациональных параметров желобообразной валковой сортировки с подвижными фартуками // Вестн. Тверского государственного технического университета. Серия: Технические науки. 2022. № 2(14). С. 47-56.

8. Сортирующе-сепарирующее устройство: а. с. 1759256 СССР. № 4657657/15 / Кондратьев А.В., Мясников А.Б., Цыганов В.И., Кочкян С.М.; заявл. 03.03.89 ; опубл. 07.09.92, Бюл. 33. 3 с.

9. Сортирующе-сепарирующее устройство: пат. 152407 Рос. Федерация. № 2014141194/13 / Кондратьев А.В., Вересов М.И., Кочкян С.М. и др.; заявл. 08.12.2014 ; опубл. 27.05.2015, Бюл. № 15. 3 с.

10. Трибологические исследования процессов изнашивания рабочих органов технологического оборудования агропромышленного комплекса / И. Н. Кравченко, М. Н. Ерофеев, Ю. А. Кузнецов [и др.] // Агроинженерия. – 2020. – № 4(98). – С. 33-40. – DOI 10.26897/2687-1149-2020-4-33-40. – EDN TQYRHT.

УДК 004.9:631.531.01

ОСНОВЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ ВЫРАЩИВАНИЯ СЕМЕННОГО МАТЕРИАЛА КЛУБНЕПЛОДОВ В ИСКУССТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Михеев М. А., студент

Потапенков Н. А., студент

Перевертайлов А. С., студент

Научный руководитель: Манохина А. А., д.с.-х.н., профессор

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ

Аннотация. Описано применение умных технологий при выращивании семенного материала клубнеплодов в искусственных условиях.

Ключевые слова: клубнеплоды, миниклубни, умная теплица, аэрогидропонная установка.

Современный технологический уклад характеризуется интеллектуализацией и роботизацией производства, способствующими конкурентоспособности технологий, созданию на основе достижений

молекулярной биотехнологии новых сортов растений, более эффективных удобрений с новыми свойствами, продукции сельского хозяйства с заданным технологическим и потребительским качеством для здорового и персонализированного питания [1, 2, 3].

Современные подходы при выращивании миниклубней в тепличных условиях и проектировании аэрогидропонных установок базируются на принципах «Smart» технологии (умные технологии), которые заложены в расшифровке аббревиатуры (S (Specific) – конкретно; M (Measurable) – измеримо; A (Achievable) – достижимо; R (Relevant) – согласовано; T (Time) – время. «Умные» технологии позволяют автоматизировать технологический процесс выращивания растений в аэрогидропонике. Обязательными составляющими таких решений являются: периферийное оборудование для измерения параметров питательных растворов и растений по электрическим и электромагнитным, оптическим, оптоэлектрическим и радиометрическим, механическим, лазерным, акустическим, пневматическим и термическим параметрам; каналы связи (спутниковая связь GPS/ГЛОНАСС, LPWAN, LTE, 3G, GPRS, GSM); AIoT-платформы (web-платформы для создания отраслевых приложений); AIoT-приложения (приложения для ИТ-платформ, самостоятельные приложения для конкретного оборудования) [4].

Методические подходы «Smart» технологий являются основой при разработке аэрогидропонных технологий выращивания миниклубней в «Умной теплице», которая представляет собой автоматизированную тепличную конструкцию, способную самостоятельно поддерживать требуемый микроклимат, контролировать температуру и проветривание, обеспечивать регулярное и дозированное орошение растений, подачу удобрений [5, 6].

Основой интеллектуальных технологий являются научные исследования по целенаправленному управлению морфогенезом и процессами метаболизма растений, в том числе клубневых культур: картофеля, топинамбура, батата и др. посредством совместного динамического действия абиотических стрессовых факторов, включающих варьирование интенсивности, поляризации, и спектрального состава светового излучения и корневого питания.

Интеллектуальные технологии – это комплексный подход к решению задач всей технологической цепи, с одной стороны: начиная от начала вегетации вплоть до уборки и хранения урожая, а с другой от производства исходных растений, миниклубней, элитного материала и до конечного этапа – выращивания репродукционного материала и его переработки [7, 8]. Весь процесс разбивается на этапы, решаемые в рамках технологических подходов «Умная технология».

«Умная технология» – это комплексный подход к решению задач всей технологической цепи, начиная от начала вегетации до уборки урожая. При производстве миниклубней картофеля «Умная технология» предусматривает интеграцию электроприборов и узлов оборудования, приводящих в действие системы питания, освещения и поддержания микроклимата в единую интеллектуальную систему управления, выстроенную на базе автоматизированного управления различными рутинными технологическими операциями без вмешательства человека, обеспечивая в первую очередь безопасность, энергоэффективность и ресурсосбережение, а также комфортное управление всем технологическим процессом.

«Умная теплица» обеспечивает полную координацию и управление всем электрическим оборудованием и инженерными системами. Технологическим процессом управляет интеллектуальная программа, адаптированная под конкретную культуру, режимы питания, освещения и контроль микроклимата. Вся информация о работе всех систем отображается на экране специального сенсорного монитора. Имеется возможность вмешаться в процесс работы и менять любые настройки. Дистанционное управление позволяет отправить «Умной теплице» команду при помощи SMS, находясь за его пределами. Система «Умная теплица» значительно превосходит человека по скорости выполнения команд.

К основным технологическим операциям, подлежащим контролю и автоматизации при выращивании миниклубней относятся управление режимом питания, освещения, климатом (вентиляцией, кондиционированием и отоплением), газовоздушным составом микроклимата, системой проветривания (в теплицах с фрамугами); параметрами питательной среды; контроль электропитания, аварийных ситуаций, протечки воды, биологической безопасности; передача данных в режиме Wi-Fi и по сети Интернет; голосовое и SMS оповещение; видеонаблюдение; охранно-пожарная сигнализация, позволяет легко управлять системами обогрева и вентиляции. Для реализации проекта «Умная теплица» можно использовать любой протокол RS-485 или Wi-Fi, предназначенные для автоматизации. В качестве базовой системы может служить обычный персональный компьютер или специализированные сенсорные панельные контроллеры для автоматизации локальных систем с операционными системами семейства Linux. Система передачи данных в «Умной теплице» должна обмениваться между собой информацией по кабелю, используя протокол KNX (единый унифицированный международный стандарт обмена данными), предназначенный для автоматизированных систем управления.

Система «Умная теплица» состоит из нескольких элементов, таких как:

1. Управление системой – центральный дистанционный пульт управления, куда собирается вся информация, и откуда подаются все команды на все системы. Это может быть персональным компьютером или сенсорной панелью, либо планшетом или мобильным устройством.

2. Контроллер – главный модуль, управляющий всеми дискретными входами и выходами.

3. Сенсорные датчики и приборы для измерения параметров микроклимата и питательной среды.

4. Коммутирующие модули расширения и связи, соединяющие все системы с центральным командным устройством.

5. Различные исполнительные механизмы для функционирования всех систем – без реле, электроприборы, осветительное оборудование, насосы и т.д.

При закладке проекта «Умная теплица» большое значение имеет проектирование. На первом этапе проводятся теоретические, лабораторные и экспериментальные исследования. На втором этапе составляется эскизный проект, где прописаны все функции, которые будет выполнять система применительно к каждому электроузлу или к каждому контролируемому параметру. Третий этап разбивается на два подэтапа:

- создание натурального экспериментального стенда «Умная технология» по исследованию замкнутых систем микроклимата; закладка всех инженерных и электрических коммуникаций, кабель-каналов и проводов, траншей для воздушных каналов, и др., установка необходимого оборудования и датчиков, сборка автоматики, настройка и программирование системы;

- исследование, испытание и внедрение в производство.

Все электрооборудование, необходимое для создания системы должно базироваться на стандартной сети в 220 В. Основное внимание при установке электрического оборудования должно уделяться безопасности. На случай аварийного отключения электроэнергии системы энергообеспечения должны включать в себя источники бесперебойного электропитания. В таких случаях, система сама должна автоматически переключаться на режим аварийной работы и поддерживать в рабочем состоянии важнейшие системы жизнеобеспечения в течение аварийного периода. Для увеличения продолжительности автономного периода работы систем жизнеобеспечения растений, необходимо разделить потребители электроэнергии на две группы – основные и второстепенные. К основной группе относятся системы жизнеобеспечения растений – система питания, система контроля и наличия питательной среды, система вентилирования и система оповещения. В этом случае, при аварии, автоматика должна отключить остальное электрооборудование [9].

В заключение можно сказать, что использование технологий «Умная теплица» открывает возможности создания крупных биофабрик при относительно незначительных материальных затратах и могут обеспечить потребности страны, и экспортный потенциал по производству миниклубней клубненосных культур. Можно постоянно, в режиме реального времени быть в курсе всего, что происходит в теплице и постоянно держать ситуацию под контролем. Следующим этапом является создание робота по сбору, сортировке и упаковке миниклубней.

Библиографический список

1. Старовойтов В.И., Старовойтова О.А. Инновационные грядовые технологии и технические средства для возделывания картофеля и топинамбура // Земледелие. 2015. № 7. С. 40-42.
2. Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Хутинаев О.С., Бирюкова В.А., Шмыгля И.В., Манохина А.А., Баранов В.В. Методические рекомендации к типовой технологии крупномасштабного производства оригинальных семян топинамбура // Москва, 2016. 29 с.
3. Хутинаев О.С., Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Манохина А.А., Шабанов Н.Э., Колесова О.С. Выращивание миниклубней картофеля и топинамбура в условиях водно-воздушной культуры с использованием искусственного освещения // Вестник ФГОУ ВПО "МГАУ имени В.П. Горячкина". 2018. № 4 (86). С. 7-14.
4. Рыбина Г.В. Основы построения интеллектуальных систем. – М.: Финансы и статистика; ИНФРА-М, 2010. 432 с.
5. Умная теплица [Электронный ресурс]. – URL: <https://cctmcx.ru/digital-sx/umnaa-templitsa/> (дата обращения: 29.05.2023).
6. Смелик В.А., Цыганова Н.А., Теплинский И.З. Внесение минеральных удобрений в точном земледелии // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2012. № 3. С. 38-40.
7. Жевора С.В., Овэс Е.В., Старовойтов В.И. и др. Инновационная технология выращивания мини-клубней картофеля в условиях водно-воздушной культуры. Учебное пособие / Москва, 2018. 84 с.
8. Чухланцев Н.В., Елисеев С.Л., Скрябин А.А. Урожайность и качество перспективных сортов картофеля в условиях Пермского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 2 (148). С. 16-21.
9. Мишуров Н.П., Щеголихина Т.А., Жевора С.В., Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Хутинаев О.С., Манохина А.А. Интеллектуальные технологии в оригинальном семеноводстве клубнеплодов: анализ. обзор // Москва, 2023. 84 с.

УДК 631.3.02

РАЗРАБОТКА ОТВАЛЬНОГО КУСТОРЕЗА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ЗЕМЕЛЬ К СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМУ ОСВОЕНИЮ

Мартынова Н. Б., к.т.н., доцент,

Якобсон Б. Б., магистрант

Кулиев М. С., студент

*Российский государственный аграрный университет – МСХА имени
К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ*

Аннотация. В статье предложено очистку земель от кустарниковой растительности для подготовки к сельскохозяйственному освоению проводить при помощи специального кусторезного оборудования отвального типа с криволинейной поверхностью ножей с целью минимизации потерь гумуса.

Ключевые слова: залежные земли, сельскохозяйственное освоение, кусторез, корчеватель, кустарниковая растительность, бесподпорный срез.

Введение. Корчевание древесно-кустарниковой растительности является основной и наиболее трудоемкой операцией в общем перечне работ по подготовке земель к сельскохозяйственному освоению [1]. Пни корчуются после предварительной срезки наземной части древесно-кустарниковой растительности в зимнее время. Способ корчевки древесно-кустарниковой растительности сохраняет свое место и значение в тех случаях, когда строительный сезон не позволяет растянуть работы, а также при расчистке трасс каналов предварительного осушения внутрихозяйственных дорог [2].

Удаление деревьев с корнями считается перспективным направлением при наличии отдельных деревьев, находящихся среди кустарника, и при освоении залесенных земель [3]. Валка деревьев с корнями имеет ряд преимуществ: улучшение условий для обработки почв, обусловленное полным удалением корневой системы; уменьшение в 3–4 раза усилий корчевки по сравнению с корчевкой пней, так как дерево при его наклоне своей основной массой способствует вырыванию корней из грунта; уменьшение затрат труда по комплексу работ (из-за совмещения валки и корчевки) в среднем на 23–24% и стоимости работ на 18–20% [4].

Как правило, при удалении кустарника и мелколесья применяют корчевку пассивными рабочими органами. Этот метод отличается сравнительно высокой энергоемкостью и многооперационностью [5].

Освоение при этом связано с уничтожением поверхностного плодородного слоя почвы и образованием валов из древесной растительности и почвы на

осваиваемой площади, а технологический процесс длителен [6]. Многочисленные наблюдения показывают, что вместе с древесиной в валы попадает до 60–80% верхнего слоя почвы, содержащего большое количество гумуса.

Выходом из сложившейся ситуации станет отдельное удаление стволов диаметром свыше 150 мм и мелкокося. Для удаления последнего рационально использовать кустарниковые грабли с криволинейной вычесывающей поверхностью для отряхивания с удаляемых корней налипшего грунта.

Цель и задачи исследований. В процессе исследований необходимо создать рабочее оборудование пассивного кустореза с оптимальной шириной захвата и параметрами ножевого оборудования для бесподпорного срезания кустарниковой растительности с целью подготовки залежных земель к сельскохозяйственному освоению.

Материалы и методы исследования. В сельском хозяйстве и мелиоративном строительстве для бесподпорного срезания жесткостебельчатых растений (трав, сельскохозяйственных культур, кустарника) применяют рабочие органы с поступательным перемещением и вращением режущих элементов в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Наблюдения за их работой показывают, что увеличение скорости движения режущих элементов непременно ведет к уменьшению пригибания к поверхности почвы стеблей и увеличению расхода энергии. Кроме того, чем жестче стебли и ниже срез, тем скорость срезания может быть меньше. При бесподпорном срезании растения сопротивлению его стебля изгибу должно быть больше горизонтальной силы, действующей со стороны рабочего органа. При этом растения не должны выкорчевываться от воздействия вертикальной составляющей силы, приложенной со стороны режущих элементов.

Общее сопротивление $W_{\text{общ}}$, преодолеваемое кусторезом, представляет собой сумму следующих сопротивлений [7]:

$$W_{\text{общ}} = W_{\text{ср}} + W_{\text{рез}} + W_{\text{пр}} + W_{\text{тр}} + W_{\text{дв}}, \quad (1)$$

Где: $W_{\text{ср}}$ - сопротивление ствола дерева срезанию, кН; $W_{\text{рез}}$ - сопротивление грунта резанию, кН; $W_{\text{пр}}$ - сопротивление призмы волочения перемещению, кН; $W_{\text{тр}}$ - сила трения призмы волочения об отвал, кН; $W_{\text{дв}}$ - сопротивление движению машины по опорной поверхности, кН.

В действительности, значение каждого сопротивления изменяется в процессе работы. Сопротивление срезанию дерева растет от нуля до максимума при сгребании кустарника, с частотой, зависящей от количества стволов кустарника и мелкокося на пути машины. Прочие сопротивления изменяются в процессе работы в небольших величинах.

Сопротивление древесного ствола срезанию отвалом кустореза определяют по выражению [8]:

$$W_{\text{ср}} = \frac{\sigma_{\text{ср}} \pi d_{\text{ств}}^2}{4}, \quad (2)$$

Где: $\sigma_{\text{ср}}$ – предел прочности древесины на срез поперек волокон, МПа; $d_{\text{ств}}$ – диаметр ствола, мм.

Результаты исследования. Определим сопротивление древесного ствола срезанию для диаметров стволов 0,03м и 0,07м. Для каждой породы кустарника значения сопротивлений каждого кустарника представлены в таблице 1.

Таблица 1- Сопротивление древесного ствола срезанию.

Величина сопротивления, кН	Ива белая	Калина	Крушина
Диаметр ствола 0,03м	3,5	5,3	6,6
Диаметр ствола 0,07м	18,8	28,8	35,8

Определим оптимальные параметры ножа отвала и его ширину захвата. Увеличивая ширину захвата, возрастет сопротивление резанию грунта.

Зависимость величины сопротивления корчеванию при заглублении грабель на 0,05 м и 0,1 м от ширины захвата кустореза представлены на рисунке 1.

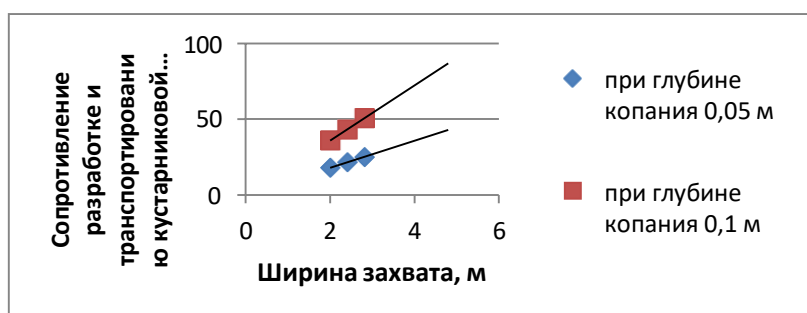


Рис. 1 – Зависимость сопротивления корчеванию от ширины захвата кустореза.

Определяя сопротивление трения об отвал, следует выбрать ширину ножа. Примем 8 ножей. Результаты поместим в таблицу 2.

Таблица 2. -Зависимость сопротивления трению призмы волочения от ширины ножа.

Величина сопротивления, кН	Ширина ножа, м		
	0,1	0,12	0,14
Сухой грунт	15,2	18,3	21,4
Влажный грунт	16,3	19,6	22,9

Для проверки полученных зависимостей был проведен эксперимент с разработанной моделью рабочего органа. Опыты проведены по корчеванию и транспортировке как одиночного ствола, так и нескольких стволов. Результаты испытаний показаны на рисунке 2.



Рис. 2 -Экспериментальные исследования с разработанной моделью кустореза: а – установка модели в рабочее положение; б – процесс корчевания.

В процессе испытаний с моделью рабочего органа были определены тяговые сопротивления и рассмотрены технологические приемы кочевания одиночного ствола, а также сплошное корчевание.

Выводы. В процессе исследований были изучены зависимости влияния параметров рабочего оборудования на сопротивление срезанию и транспортированию кустарниковой растительности рабочим органом кустарниковых грабель. В результате исследований выбрана оптимальная ширина захвата 2,4м, т.к. дальнейшее увеличение приведет к дополнительным энергозатратам на разрыхление грунта, что, в конечном результате приводит к выносу плодородного слоя. Величина ширины ножа влияет на сопротивление трению древесины о поверхность отвала. При небольшой ширине ножа снизится качество проводимых работ, т.к. не вся растительность может быть срезана за один проход. При большой ширине ножа отвал будет работать как бульдозерный, что приведет к выносу плодородного слоя грунта и дополнительным энергозатратам. В процессе исследований выбрана оптимальная ширина ножа 0,12м. Исследования проведены для различных грунтовых условий для сухого и влажного грунта. Рекомендуемый диаметр ствола кустарника составил от 0,03 до 0,07м. Дальнейшее увеличение приводит к повышенным энергозатратам, и в этом случае может быть выбрано выборочное корчевание.

Библиографический список

1. Дубенок, Н. Н. Перспективы восстановления мелиоративного комплекса Российской Федерации / Н. Н. Дубенок, Г. В. Ольгаренко // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2021. – № 2. – С. 56-59.

2. Mikheev P.A., Cheshev A.S., Alrksandrovskaya L.A. Bases of Interaction of Melioration and Environment // Engineering Studies, 2016.- Т. 8.- № 3-2.- с.507
3. Жалнин Э.В. О фундаментальности земледельческой механики // Вестник ФГОУ ВПО "Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина", 2017. – № 6(82) — С.10-14.
4. Голубев, И. Г. Состояние и перспективы вовлечения залежных земель в оборот / И. Г. Голубев, А. С. Апатенко, Н. С. Севрюгина // Мелиорация. – 2021. – № 3(97). – С. 67-74
5. Абдулмажидов, Х.А. Комплексное проектирование и прочностные расчеты конструкций машин природообустройства в системе Inventor Pro / Х. А. Абдулмажидов, А. С. Матвеев // Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина".- 2016. –№2.- С. 40-46.
6. Балабанов В.И. Актуальная техника. Обзор инновационных разработок для посева и почвообработки. /В.И. Балабанов // Агротехника и технологии. - 2019. - №1. - С.18-19
7. Мартынова, Н. Б. Машины и оборудование для производства культуртехнических работ: Учебно-методическое пособие / Н. Б. Мартынова, В. И. Балабанов, Х. А. Абдулмажидов. – Москва: Изд-во "Перо", 2021. – 84 с.
8. Мартынова, Н. Б. Обоснование конструкции многостоечного двухрядного рыхлителя / Н. Б. Мартынова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2017. – № 1(45). – С. 271-276. – EDN YSLFPB.

УДК 631.3

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЗЕРНОВОЙ СЕЯЛКИ ДЛЯ НЕКОНТАКТНОГО ВИБРОВНЕСЕНИЯ СЕМЯН И УДОБРЕНИЙ

Михайлова М. А., магистрант.

Новиков М. А., доктор технических наук, профессор,

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург, г. Пушкин, РФ

Аннотация. Представлена структурно-информационная модель функционирования зерновой сеялки, конструктивно-технологическая схема сеялки с автоматизированным устройством для неконтактного вибровнесения семян и удобрений, подтвержденная патентом на полезную модель.

Ключевые слова: сеялка, вибропосев, семена, удобрения, структурно-информационная модель.

Введение. Одной из базовых отраслей агропромышленного комплекса, имеющих важное экономическое значение как для сельского хозяйства, так и для всего народного хозяйства страны, является зернопроизводство. Данное направление сельскохозяйственной деятельности базируется на отраслевых достижениях в смежных областях, а, следовательно, по уровню его развития можно судить об эффективности функционирования машиностроительной, селекционной отраслей и химизации земледелия [1,2].

Посев зернового материала является неотъемлемой частью выращивания различных культур. От качества посева во многом зависит урожайность, в связи с этим производители посевного оборудования постоянно ведут работы по совершенствованию конструкции сеялок с целью повышения качества посева [1, 2].

Включение вибрации в процессе высева зернокультур способствует улучшению качественных характеристик его осуществления. Разработанные метод и конструктивное реализационное решение соответствуют установленным агротребованиям на семенной посев [3,4,5].

Цель и задачи исследования. Целью представленных исследований является повышение эффективности бесконтактного посева семян и минеральных удобрений. В качестве основных задач исследований определены: анализ рабочего процесса зерновой сеялки, составление структурно-информационной модели; разработка конструктивно-технологической схемы сеялки с автоматизированным устройством для неконтактного вибропосева семян и удобрений.

Методы исследования. В процессе выполненного научного исследования применялись аналитический, экономико-статистический, расчетно-конструктивный и другие методы.

Рабочий процесс сеялки можно представить, как структурно-информационную модель, состоящую из трёх блоков, последовательно расположенных и взаимосвязанных между собой, в результате взаимодействия которых происходит преобразование исходного объекта (семян и удобрений) из начального состояния в конечный продукт (рис. 1) [6].



Рис. 1 - Структурно-информационная модель функционирования зерновой сеялки

Первый блок "Бункер" представляет собой емкость, установленную на раме, куда непосредственно загружают посевной материал (культура), характеризующийся энергией прорастания, всхожестью, силой роста и минеральные удобрения, необходимые для развития данной культуры. Вторым блоком "Высевающий аппарат" – выполняет технологический процесс высева поступающего материала и внесения удобрений, качество работы которого определяется равномерностью высева и обеспечением заданной нормы высева. Основное предназначение третьего блока, называемого "Сошник", заключается в формировании бороздок в почве для размещения семян и удобрений на заданной глубине. Этот блок оценивается качественными характеристиками: глубина посева, равномерность распределения вдоль рядка.

Анализируя представленную модель можно сделать вывод, что при совершенствовании технологического процесса высева семян зерновой сеялкой необходимо учитывать сопротивления почвы, которое оказывает существенное влияние на качественные показатели ее работы.

Результаты исследования. На основе исследования современных технологических приемов, комплексов высокоэффективных машин совмещенного высева семян и минеральных удобрений, предложен метод посева, сущность которого заключается в подготовке дна бороздки для семян и размещения их выше слоя удобрений. При осуществлении данного способа, разрыхленная часть слоя почвы, разделяющая семена и удобрения, подуплотняется посредством целенаправленных колебательных движений вибрационного устройства [7-9].

С целью повышения качественных показателей посева предложено конструктивно-технологическое решение, сущность которого заключается в повышении эффективности использования способа бесконтактного высева семян и внесения удобрений путем создания между ними катком меньшего размера вибрационной системы подуплотненного слоя почвы посредством заделки внесённых удобрений ниже уплотняемого с большей величиной слоя

почвы, создающего семенное ложе семян, и прикатывания поверхностного слоя почвы над семенами с меньшей плотностью катком меньшего размера вибросистемы, при этом неодинаковая плотность прикатывания слоев почвы образуется передачей виброимпульсов от машины на разноплечий рычаг [10]. Недостатком данного способа и устройства является то, что при формировании плотных почвенных прослоев и места размещения семян на дне бороздки не учитывается плотность почвы перед посевом, вследствие чего может быть недостаточная плотность слоев на легких почвах и чрезмерное уплотнение слоя над минудобрениями на тяжелых почвах, что затруднит проникновения влаги в слой минеральных удобрений и их растворение для доступности питания семян.

Автоматизированное устройство для неконтактного способа вибровнесения семян и удобрений содержит экстирпаторную лапу, установленную на стойке, тукопровод и семяпровод, соединённые с бункером, под которым закреплен разноплечий рычаг, который может быть настроен и регулирован для осуществления различных вибрационных воздействий на объекты, закрепленные на нем, катки меньшего и большего диаметра, а также перед экстирпаторной лапой установлен бесконтактный датчик твердости почвы, подключенный к преобразовательному устройству, соединенному с управляющей системой, выход которой в свою очередь подключён к вибромашине (рис. 2).

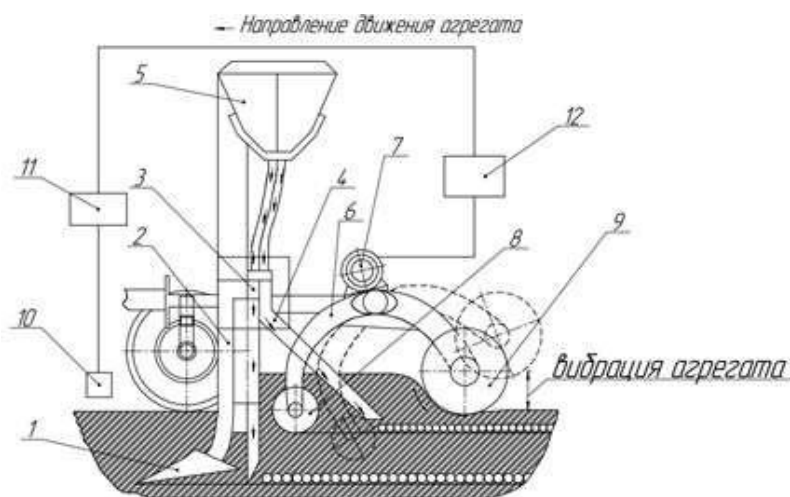


Рис. 2 – Конструктивно-технологическая схема сеялки с автоматизированным устройством для неконтактного вибровнесения семян и удобрений: 1 – экстирпаторная лапа; 2 – стойка; 3 – тукопровод; 4 – семяпровод; 5 – бункер для семян и удобрений; 6 – разноплечий рычаг; 7 – вибромашина; 8 – каток меньшего диаметра; 9 – каток большего диаметра; 10 – бесконтактный датчик твердости почвы; 11 – преобразовательное устройство; 12 – управляющая система

Применение предлагаемого автоматизированного метода и соответствующего устройства способствует повышению эффективности бесконтактного посева семян и минудобрений. Это достигается благодаря управляемой вибросистеме, которая одновременно уплотняет два почвенных слоя, различающиеся плотностью, а также формирует место для размещения семян на дне бороздки, учитывая состояние почвы до посева. Таким образом, семена получают доступ к подкормочному слою удобрений сразу после прорастания при любой плотности почвы до посева. Это улучшает процесс посева и повышает эффективность.

Заключение. На основании выполненного теоретического анализа и технологических расчетов установлено, что использование на практике автоматизированного устройства для неконтактного вибровнесения семян и удобрений, позволит увеличить эффективность посева за счет повышения качества прикатывания семян и удобрений, дифференцированно подходить к посеву семян зерновых культур на различных типах почв.

Библиографический список

1. Технологическая модернизация отраслей растениеводства АПК Северо-Западного федерального округа. / В.Д. Попов, Д.А. Максимов, Ю.Л. Морозов и др. – СПб.: ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии, 2014. 288 с.
- 2.
3. Федотова Л.С., Тимошина Л.А., Новиков М.А. Роль удобрений в формировании урожая и улучшении качества продукции // Картофель и овощи. 2002. № 5. С. 11-12.
4. Беспмятнова Н.М. Вибрации в технологических процессах. – Зеленоград: ГНУ СКНИИМЭСХ Россельхозакадемии, 2010. 224 с.
5. Пат. № 2503165 РФ, МКП А01С 7/00. Способ неконтактного вибровнесения семян и удобрений и устройство для его осуществления / Беспмятнова Н.М., Божко И.В., Колинко А.А.; ГНУ СКНИИМЭСХ Россельхозакадемии. – № 2012115000/13 ; заявл. 16.04.2012 ; опубл. 10.01.2014, Бюл. № 1. – 6. : ил.
6. Габаев А.Х. Конструктивно-технологические решения повышения эффективности работы сеялки в условиях повышенной влажности почв. : Дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. Нальчик, 2017. 143 с.
7. Сельскохозяйственные машины. Примеры основных базовых машинных энергосберегающих технологий производства продукции растениеводства в условиях Северо-Западного региона РФ. Задания для курсовой работы: учебно-методическое пособие / С.Б. Павлов, М.А. Новиков, В.А. Смелик, А.Н.

Перекопский, Н.П. Алдохина; Новгородский гос. ун-т им. Ярослава Мудрого – Великий Новгород, 2023. 71 с.

8. Смелик В.А., Цыганова Н.А., Теплинский И.З. Внесение минеральных удобрений в точном земледелии // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2012. № 3. С. 38-40.

9. Справочник инженера-механика сельскохозяйственного производства. Часть 1,2. / Баутин В.М., Буклагин Д.С. и др. М., 2011. 492 с.

10. Пат. RU 217838 U1. Автоматизированное устройство для неконтактного вибровнесения семян и удобрений/ Новиков М.А., Смелик В.А., Михайлова М.А. заявитель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный аграрный университет". - № 2023103869; заявл. 20.02.2023; опубл. 20.04.2023.

УДК 631.347

СНИЖЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИСКУССТВЕННОГО ДОЖДЯ НА ПОЧВУ

Русинов А. В., к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Техносферная безопасность и транспортно-технологические машины»,

Русинов Д. А., аспирант,

ФГБОУ ВО Вавиловский университет, г.Саратов, РФ

Аннотация. В материалах статьи представлены результаты экспериментальных исследований изменения удельной мощности дождя в зависимости от конструкции и расхода дождевальной насадки. Представлено результаты влияния удельной мощности дождя на изменение плотности почвы.

Ключевые слова: дождь, удельная мощность дождя, дождевальная насадка, дождевальная машина.

Введение. Повышение урожая сельскохозяйственных культур в засушливых климатических условиях не возможно без орошения. В Саратовской области орошение, в виде дождевания, выполняется с помощью широкозахватных дождевальных машин. Но установленные на современных дождевальных машинах дождевальные насадки создают дождь с большим диаметром капель, высокой интенсивностью и удельной мощностью [1, 2, 3]. Следствием этого негативного воздействия дождя является повышение плотности верхних слоев почвы приводящее к повышенному стоку и снижению досточковых поливных норм [4, 5].

Цель и задачи исследования. Целью работы является исследование изменения удельной мощности дождя создаваемой разными дождевальными насадками. Задачей исследований является подтверждение эффективности применения на дождевальных машинах предлагаемой конструкции дождевальной насадки.

Условия, материалы и методы исследования. Экспериментальные исследования проводились на полях ООО «Наше дело» Энгельсского района Саратовской области. Исследования проводились на тёмно-каштановых почвах по гранулометрическому составу тяжёлый суглинков, в соответствии с методикой СТО АИСТ 11.1-2010 «Машины и установки дождевальные. Методы оценки функциональных показателей». На дождевальную машину Каскад устанавливали серийные дождевальные насадки (насадка со стационарным конусом, имеющим гладкую поверхность (ГК), и насадка с вращающимся дефлектором Senniger i-Wob (i-Wob)), а также предлагаемая насадка с вращающимся дефлектором конусообразной формы с рифленой поверхностью [6].

Результаты исследования. Для определения удельной мощности дождя сначала необходимо определить скорость падения капли дождя с помощью зависимости [7]

$$v_{\text{п}} = 4,11d_{\text{к}}^{0,5}, \quad (1)$$

где $d_{\text{к}}$ - диаметр капли дождя, м.

Тогда удельная мощность дождя создаваемого при поливе дождевальными насадками можно определить как [7], Вт/м²:

$$N_{\text{уд}} = 0,0083\rho_{\text{ср}} \sum_{i=1}^n (n_i v_{\text{п}i})^2 = 0,14\rho_{\text{ср}} d_{\text{к}}, \quad (2)$$

где $\rho_{\text{ср}}$ – интенсивность дождя, мм/мин; n_i – доля капель i -го размера;

$v_{\text{п}i}$ – скорость падения капель i -го размера, м/с.

Зависимость, отражающая изменение удельной мощности дождя создаваемого дождевальными насадками вдоль трубопровода дождевальной машины представлены на рисунке 1, где:

ГК – $N_{\text{уд}} = -0,0104Q_{\text{н}}^2 + 0,0696Q_{\text{н}} + 0,0011$ $R^2 = 0,9851$;

i-Wob – $N_{\text{уд}} = -0,0112Q_{\text{н}}^2 + 0,0725Q_{\text{н}} + 0,0054$ $R^2 = 0,972$;

ВД-6 – $N_{\text{уд}} = -0,0101Q_{\text{н}}^2 + 0,0653Q_{\text{н}} + 0,0002$ $R^2 = 0,9848$;

ВД-12 – $N_{\text{уд}} = -0,0036Q_{\text{н}}^2 + 0,039Q_{\text{н}} + 0,0112$ $R^2 = 0,9561$;

ВД-18 – $N_{\text{уд}} = -0,0081Q_{\text{н}}^2 + 0,0525Q_{\text{н}} + 0,0099$ $R^2 = 0,9582$;

ВД-24 – $N_{\text{уд}} = -0,0054Q_{\text{н}}^2 + 0,0373Q_{\text{н}} + 0,0216$ $R^2 = 0,9687$.

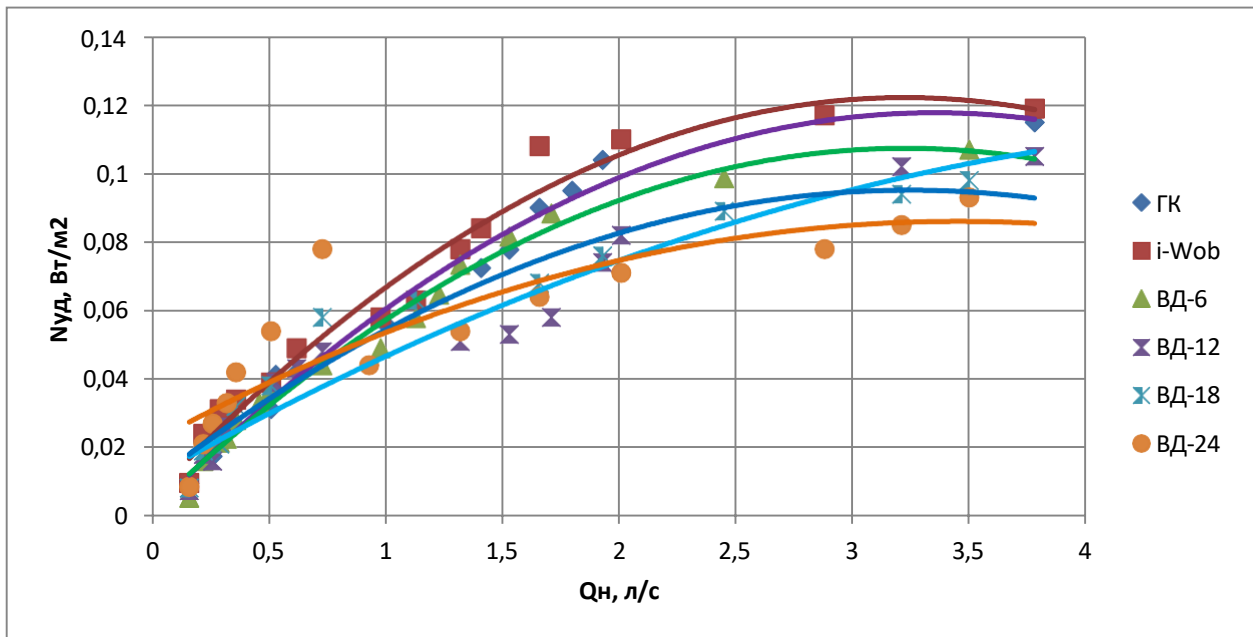


Рис. 1 – Удельная мощность дождя, создаваемая дождевальными насадками вдоль трубопровода ДМ Каскад оснащенной дождевальными насадками в зависимости от расхода воды дождевальной насадки

Проводя анализ результатов исследований, было установлено, что наибольшей удельной мощностью дождя обладает дождевальная насадка Senniger i-Wob, так как создает капли дождя большого диаметра. Установлено, что с увеличением расхода воды с 0,16 л/с до 3,78 л/с происходит повышение удельной мощности дождя с 0,0096 Вт/м² до 0,119 Вт/м².

Рассматривая изменение удельной мощности дождя для других дождевальных насадок было установлено, что для дождевальной насадки со стационарным дефлектором с гладкой поверхностью максимальное значение удельной мощности дождя достигает 0,115 Вт/м², тогда как для предлагаемой дождевальной насадки с вращающимся дефлектором значение удельной мощности дождя составляет 0,107 Вт/м² для дефлектора конусообразной формы с рифленой поверхностью имеющего 6-ть ребер; 0,105 Вт/м² для дефлектора имеющего 12-ть ребер; 0,098 Вт/м² для дефлектора имеющего 18-ть ребер и 0,093 Вт/м² для дефлектора имеющего 24-ре ребра.

Рассматривая среднее значение удельной мощности дождя создаваемого дождевальными насадками было получено, что для дождевальной насадки со стационарным дефлектором с гладкой поверхностью среднее значение удельной мощности дождя составляет 0,059 Вт/м², для дождевальной насадки Senniger i-Wob – 0,071 Вт/м², для предлагаемой дождевальной насадки с вращающимся дефлектором среднее значение удельной мощности дождя составляет 0,063 Вт/м² для дефлектора конусообразной формы с рифленой поверхностью имеющего 6-ть ребер; 0,055 Вт/м² для дефлектора имеющего 12-ть ребер; 0,051 Вт/м² для

дефлектора имеющего 18-ть ребер и 0,0573 Вт/м² для дефлектора имеющего 24-ре ребра.

Высокая удельная мощность дождя приводит к повышению плотности почвы в верхних слоях, рис. 2.

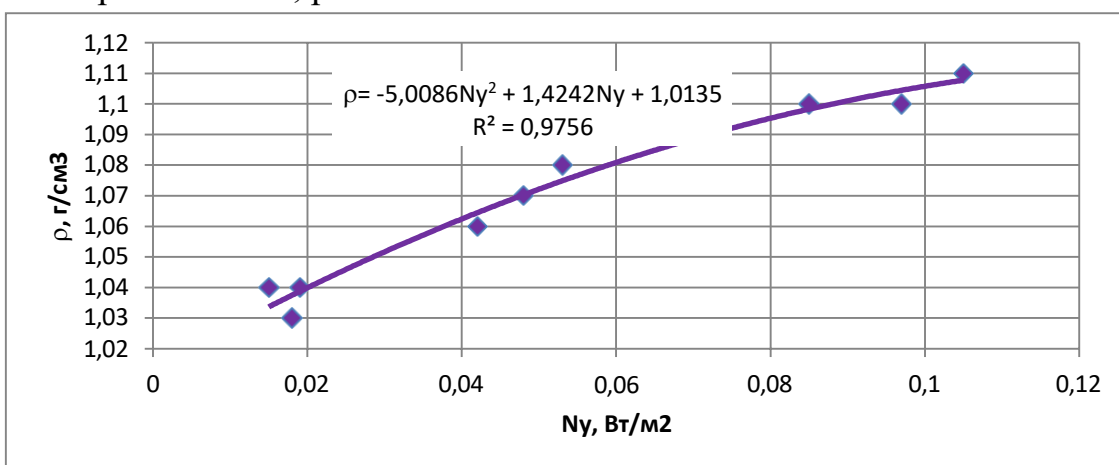


Рис. 2 – Влияние удельной мощности дождя на изменение плотности почвы в слое 0-5 см при поливе дождевальными насадками

Исследованиями установлено, что в верхних слоях оптимальной плотностью почвы для нормального роста сельскохозяйственных растений считается плотность почвы находящаяся в пределах 1,0÷1,1 г/см³ [13, 58, 131]. Полученная экспериментальная зависимость позволяет сделать вывод, что с увеличением дальности установки дождевальной насадки от центральной поворотной колонны дождевальной машины происходит увеличение расхода воды проходящего через дождевальную насадку и как следствие повышение удельной мощности создаваемого дождя и плотности почвы.

Исходя из этого следует, что до середины длины трубопровода дождевальной машины все устанавливаемые дождевальные насадки создают дождь с удельной мощностью обеспечивающей оптимальную плотность почвы. После середины длины трубопровода установка дождевальной насадки Senniger i-Wob и с дефлектором имеющим гладкую поверхность приводит к резкому повышению удельной мощности дождя и повышению плотности почвы. Установка предлагаемой дождевальной насадки с вращающимся дефлектором конусообразной формы с рифленой поверхностью способствует созданию дождя меньшей удельной мощности, и как следствие меньшего воздействия на почву и сельскохозяйственное растение. Данное обстоятельство положительно сказывается на урожае сельскохозяйственных культур, особенно чувствительных к воздействию, например сои.

Вывод. Основываясь на результатах исследований можно установить, что наименьшее воздействие на почву оказывает дождевальная насадка с вращающимся дефлектором конусообразной формы с рифленой поверхностью

на которой выполнено 18-ть ребер. Но вследствие сравнения множественных показателей качества дождя, рекомендуется использовать дождевальную насадку с 12-тью ребрами выполненными на рифленой конусообразной поверхности вращающегося дефлектора.

Библиографический список

1. Дождеватели широкозахватных дождевальных машин : [монография] / Л. А. Журавлева [и др.]. – М. : ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2022. – 140 с.

2. Надежкина, Г. П. Энергетические показатели дождя ДМ «Фрегат» / Г. П. Надежкина, В. В. Слюсаренко, А. П. Акпасов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 3. – С. 20–22.

3. Рыжко, Н. Ф. Совершенствование дождеобразующих устройств для многоопорных дождевальных машин : [монография] / Н. Ф. Рыжко. – Саратов, 2009. – 176 с.

4. Слюсаренко В.В. Сохранение плодородия сельскохозяйственных почв за счет снижения негативного воздействия дождя дождевальных машин / Слюсаренко В.В., Русинов А.В., Акпасов А.П. // В сборнике: Инновации природообустройства и защиты окружающей среды. Материалы I Национальной научно-практической конференции с международным участием. 2019. С. 588-594.

5. Ольгаренко, Г. В. Ресурсосберегающие энергоэффективные экологически безопасные технологии и технические средства орошения / Г. В. Ольгаренко. – М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. – 264 с.

6. Пат. 2615574 Российская Федерация, МПК А 01 G 25/00. Дождевальная дефлекторная насадка / Русинов А. В., Слюсаренко В. В., Хизов А. В., Русинов Д. А., Акпасов А. П., Рыжко Н. Ф., Надежкина Г. П., Затинацкий С. В. ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова». – № 2015148623 ; заявл. 12.11.2015 ; опубл. 05.04.2017, Бюл. № 10.

7. Рыжко, Н. Ф. Совершенствование технических средств и технологии орошения в Поволжье: [монография] / Н. Ф. Рыжко. – Саратов: Саратовский источник, 2007. – 110 с.

УДК 631.563.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАДИЕНТА В ЗЕРНОВОМ СЛОЕ КАМЕРНОЙ СУШИЛКИ

Смелик В. А., д.т.н., профессор,

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург, г. Пушкин, РФ,

Муханов Н. В., к.т.н., доцент,

Марченко С. А., старший преподаватель,

Верхневолжский государственный агробиотехнологический университет, г. Иваново, РФ

Аннотация. Представлена экспериментальная установка в виде физической модели зерновой сушилки, позволяющая исследовать процессы сушки в лабораторных условиях. В качестве устройства для мониторинга за температурным градиентом в зерновом слое использован тепловизор.

Ключевые слова: зерно, сушилка зерна, моделирование, температурный градиент, тепловизор.

Введение. В большинстве зерносеющих регионов страны зерновой ворох, поступающий от зерноуборочных комбайнов на пункты послеуборочной обработки имеет повышенную влажность и засоренность [1,2]. Основным этапом послеуборочной обработки сельскохозяйственных зерновых культур является сушка в специализированных устройствах – зерносушилках. Цель сушки зерна – доведение влажности зерна до кондиционной, обеспечивающей длительное его хранение при сохранности его посевных и пищевых качеств. При правильно выбранных рациональных режимах сушки обеспечивается послеуборочное дозревание зерна, что повышают всхожесть и энергию прорастания семян. Работа мукомольных предприятий на кондиционном по влажности сырье обеспечивает высокое качество продуктов переработки, увеличивает выход готовой продукции, уменьшает износ технологического оборудования и расход энергии, снижает себестоимость переработки.

Сушка имеет и санитарное назначение, так как благодаря ей уничтожается основная часть вредных микроорганизмов и насекомых. После сушки из-за уменьшения веса собранного урожая значительно снижаются последующие транспортные расходы [3].

В настоящее время для сушки зерна и семян применяют различные по конструкции и принципу действия сушильные установки [2, 4, 5]. В регионах с повышенной влажностью климата наряду с шахтными и барабанными сушилками находят применение карусельные [6], бункерные [7, 8] и сушилки на

основе аэрожелобов [9], которые относят к камерным сушилкам [2]. Такие сушилки имеют преимущества при обработке зернового вороха повышенной влажность и за счет поддержания «мягких» режимов сушки обеспечивать получение конечного продукта с требуемыми кондиционными качествами. Однако, виду особенностей технологического процесса сушки, распределение теплоносителя (агента сушки) по сушильной камере происходит неравномерно, что снижает эффективность их работы [10].

Цель и задачи исследования. Моделирование температурного градиента в зерновом слое камерной (бункерной) сушилки с целью определения рациональных конструктивно-технологических параметров и режимов работы зерновой сушилки. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: разработка и изготовление физической модели сушилки; выбор средств контроля за процессами сушки зерна в сушильной камере; исследование градиента температуры нагрева зерна в сушильной камере как определяющего фактора выбора рациональных конструктивно-технологических параметров и режимов работы зерновой сушилки.

Методы исследования. Определяющими факторами в повышении эффективности работы зерносушилок бункерного типа являются следующие конструктивно-технологические параметры: толщина зернового слоя в активной зоне, температура агента сушки и угол наклона движения зернового слоя к транспортирующему устройству, через который мы может определить время нахождения зерна в активной зоне и подвергающейся нагреву [8].

Изготовленная экспериментальная установка, моделирующая процессы активной зоны зерносушилки бункерного типа (рис. 1) состоит из генератора агента сушки 1 соединенного патрубком с центробежным вентилятором 2, соединённым с физической моделью сушильной камеры 3 изготовленный из прозрачного материала (стекло, орг. стекло). На корпусе установлена приборная панель 4. Контроль за проведением эксперимента проводится с помощью тепловизора 5.

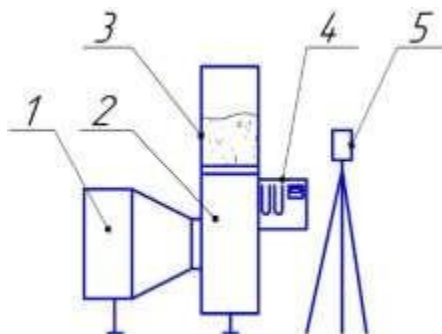


Рис. 1 - Экспериментальная установка для моделирования процесса сушки зернового материала

Результаты исследования. По результатам проведенных исследований проанализированы тепловизионные снимки распределения теплоносителя по объему сушильной камеры при разной степени её заполнения сушимым материалом.

На рисунке 2 представлен процесс изменения температуры нагрева пустой сушильной камеры в течение заданного времени.

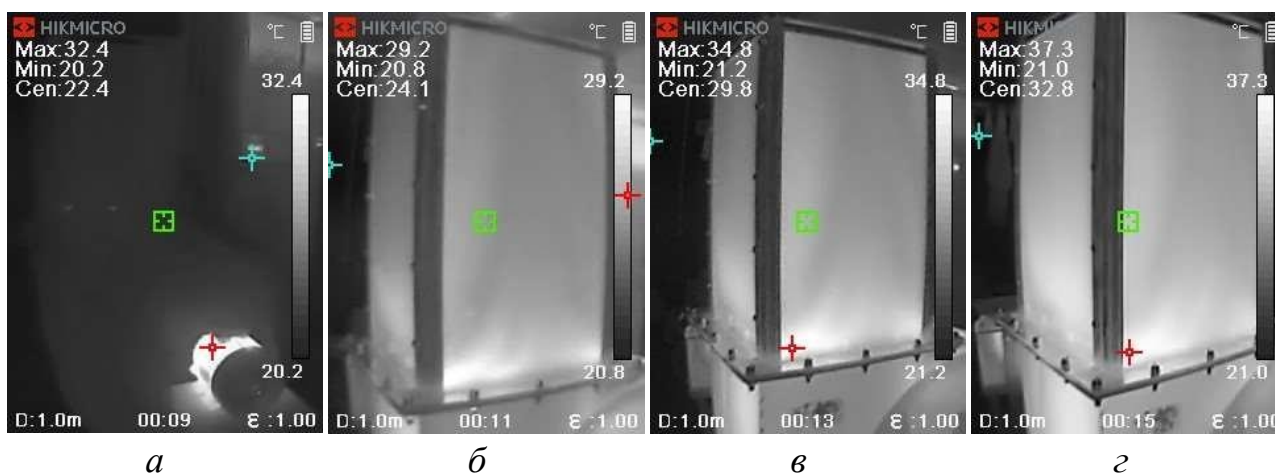


Рис. 2 - Тепловизионное отображение модели пустой сушильной камеры в разные интервалы времени:

a – старт (0 минут); *б* – 2 минуты; *в* – 4 минуты; *з* – 6 минут.

Как видно из рисунка 2 нагретый агент сушки проходит насквозь через незаполненную зерном модель сушильной камеры, передавая её стенкам только небольшую часть своей теплоты. На рисунке можно наблюдать общий фон нагретой поверхности стенок.

Распределение температуры нагрева зерна по объему сушильной камеры проводили в динамике по времени при разной степени заполнении сушильной камеры зерном.

На рисунке 3 представлены результаты исследования температуры нагрева зерна в сушильной камере при слое 50 мм. В начальных исследуемых точках наблюдаются четкие очертания нагреваемого зернового слоя. С повышением температуры зернового слоя наблюдается тепловое излучение воздушного потока (рис. 3, з) в направлении к выгрузному окну.

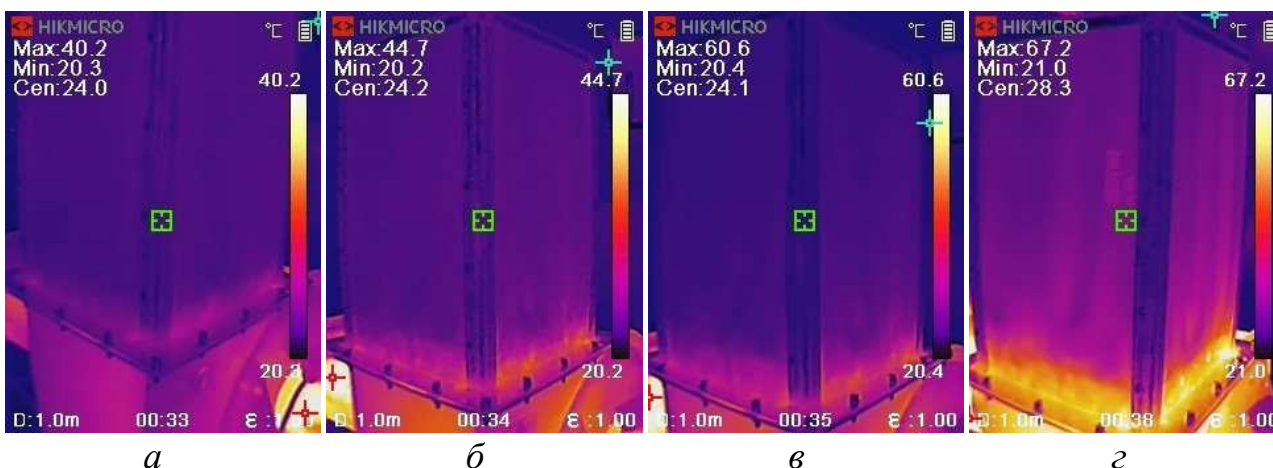


Рис. 3 - Тепловизионное отображение нагрева зернового слоя в сушильной камере в разные интервалы времени:
a – 1 минута; *б* – 2 минуты; *в* – 3 минуты, *г* – 6 минут.

Заключение. Разработанная и изготовленная физическая модель сушилки в виде экспериментальной установки позволяет исследовать температурный градиент в зерновом слое камерной сушилки. Для дистанционного непрерывного мониторинга динамики нагрева зерна возможно использование тепловизора. Тепловизионные снимки позволяют определить распределение теплоносителя (агента сушки) по объему сушильной камеры и способствуют выбору рациональных конструктивно-технологических параметров и режимов работы зерновой сушилки.

Библиографический список

1. Измайлов А.Ю., Елизаров В.П., Артюшин А.А., Попов В.Д., Максимов Д.А., Морозов Ю.Л. и др. Система технологий и машин для комплексной механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства на период до 2020 года. Том 1, Растениеводство. – М.: ГНУ ВИМ, 2012. – 303 с.
2. Смелик В.А., Новиков М.А., Перекопский А.Н., Ерошенко Л.И. Послеуборочная обработка зерна и семян в условиях регионов повышенного увлажнения: монография. – СПб.: СПбГАУ, 2023. -162 с.
3. Ключников А.С. Совершенствование конвективной технологии сушки семян и конструкции сушильной камеры: диссертация ... кандидата технических наук. – Ярославль, 2021. – 179 с.
4. Машины и оборудование для послеуборочной обработки и хранения зерна и семян: кат. М.: ФГНУ «Росинформаготех», 2010. – 92 с.
5. Чеботарев В.П., Чеботарев И.В. Сушка зерна. Теория, расчет, эксперимент. – Минск: РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2012. – 520 с.

6. Perekopskiy A.N., Smelik V.A. Variables of the wheat seeds drying process in a carousel type dryer // British Journal of Innovation in Science and Technology. – 2016, T.1, – №2. – pp. 11–20.

7. Ерошенко, Л.И., Перекопский, А.Н. Анализ технико-технологических особенностей мобильных бункерных зерносушилок в условиях Северо-Западного региона РФ // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. № 51. – 2018. – С. 276–280.

8. Марченко С.А., Шевяков А.Н., Муханов Н.В. К выбору конструктивных параметров активной зоны рециркуляционной зерносушилки бункерного типа // Сельское хозяйство - драйвер российской экономики. – Санкт-Петербург: ЗАО "ЭкспоФорум", 2016. – С. 311.

9. Патент № 2136137 Российская Федерация, МПК А01F 25/08, В35D 88/70. Аэрожелоб. № 98105280/13: заявл. 17.03.1996: опубл. 10.09.1999 / Л.В. Дианов, В.А. Смелик, Н.Е. Новикова. А.С. Ширяев; заявитель Ярославская государственная сельскохозяйственная академия.

10. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – Москва : ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с. – ISBN 978-5-6049928-2-1. – EDN RSFSFK.

УДК 631.171

ЦИФРОВОЕ УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ ВЛАЖНОСТИ И ТЕМПЕРАТУРЫ ЗЕРНА ПРИ ПОЛСЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКЕ

Смелик В. А., д.т.н., профессор,

Попов А. Д., магистрант

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург, г. Пушкин, РФ

Аннотация. Представлена информация о разработанном цифровом устройстве для измерения температуры и влажности зерна при его послеуборочной обработке. В качестве первичного измерителя использован универсальный датчик с влагопоглощающим наполнителем. Для обработки информации от датчиков разработано и испытано цифровое устройство на базе микрокомпьютера Raspberry Pi 3.

Ключевые слова: послеуборочная обработка, влагомер, сушка зерна, цифровое устройство, микроконтроллер.

Введение. В условиях регионов многих стран мира с повышенной влажностью климата убираемое с поля зерно невозможно сохранить без

искусственной сушки и охлаждения [1,2,3,4,5]. При этом, сушка зерна является одним из самых энергоемких процессов его послеуборочной обработки. Поэтому, за счет совершенствования процесса сушки возможно снизить затраты на производство зерна, повысить качество получаемого продукта и повысить рентабельность производства [6,7].

Контроль влажности и температуры зерна, особенно семенного, при его сушке и хранении является технологической процедурой, необходимой для получения продукции необходимого качества [8].

Цель и задачи исследования. Повышение эффективности послеуборочной обработки зерна на основе цифрового устройства для непрерывного контроля параметров сушки зерна и семян. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: проведение патентно-информационного поиска по теме исследования; разработка универсального первичного измерителя температуры и влажности зерна; разработка цифрового устройства для непрерывного контроля температуры и влажности зерна.

Методы исследования. В работе применены как теоретические, так и аналитические методы исследования. По результатам патентно-информационного поиска определены направления разработки цифрового устройства непрерывного контроля температуры и влажности зерна в процессе его послеуборочной обработки с универсальным первичным измерителем (датчиком) и цифровым устройством на базе микрокомпьютера Raspberry Pi 3.

Результаты исследования. Разрабатываемое устройство и алгоритм его работы обеспечивают возможность непрерывного контроля параметров сушки и обеспечивают принятие необходимых действий для их оптимизации.

При разработке первичного измерителя учитывались требования к датчикам, работающим с сыпучими веществами. Датчики должны иметь повышенную механическую прочность и хорошую защиту от химического воздействия. Также, датчики должны обладать высокой чувствительностью и сохранять стабильность характеристик в течение длительного времени.

Исходя из вышеописанных требований, был разработан датчик (рис. 1), который удовлетворяет этим требованиям.

Внешний 1 и внутренний 2 электроды выполнены в виде двух соосных цилиндров из антикоррозийного металла толщиной 0,5 мм и диаметрами 17 и 12 мм соответственно. Рабочая длина чувствительного элемента датчика составила около 50 мм. Внешний цилиндрических электрод 1 имеет преформацию. Во внутреннем полем пространстве закреплен чувствительный элемент термодатчика, электрические контакты 7 и 8 которого выведены наружу. Пространство между внешним 1 и внутренним 2 электродами заполнено

абсорбирующим материалом (влагопоглатителем), который после полимеризации скрепляет электроды в единый блок.

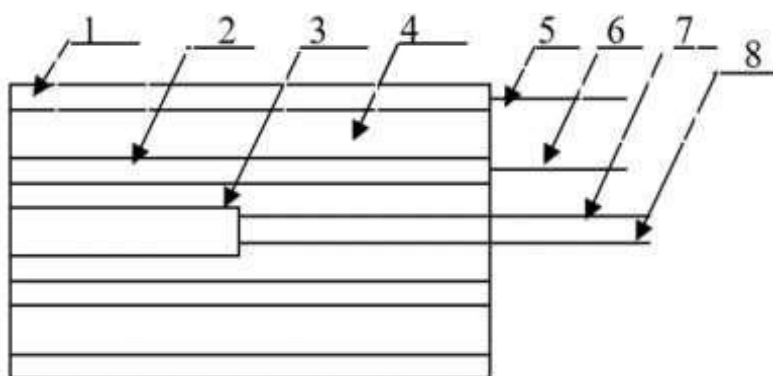


Рис. 1 – Общий вид универсального датчика температуры и влажности:
1 – внешний электрод; 2 – внутренний электрод; 3- чувствительный элемент термодатчика; 4 – влагопоглатитель; 5,6 –контакты внешнего и внутреннего электродов; 7,8 - контакты термодатчика

Принцип измерения влажности основан на измерении проводимости и электрической ёмкости между электродами 1 и 2. В процессе измерения датчик помещается в зерновой слой, влага из зерна через перфорацию внешнего электрода 1 впитывается влагопоглатителем. Через контакты 5 и 6 происходит измерение электрического сопротивления и ёмкости между электродами 1 и 2.

Цифровое устройство контроля влажности и температуры зерна имеет различное количество датчиков в зависимости от типа зерносушилки. К примеру, в карусельной зерносушилке необходимо контролировать, как минимум, три слоя (верхний, средний и нижний) в нескольких точках сушильной камеры [9]. Устройство должно иметь возможность передавать данные о влажности и температуре зерна на другие устройства или компьютеры для дальнейшей обработки или мониторинга. Это может быть реализовано с помощью беспроводных технологий, таких как Wi-Fi или Bluetooth.

Блок цифрового контроля управления выполнен на базе микрокомпьютера Raspberry Pi 3. (рис. 2) Для работы в помещении с высокой запылённостью и влажностью, блок управления выполнен в герметичном влагонепроницаемом корпусе. Он имеет механизмы автоматической самодиагностики и защиты от ошибок. Микрокомпьютер имеет достаточное количество оперативной памяти и хранилища данных для обработки данных и выполнения необходимых алгоритмов для передачи данных. Также, устройство выполнено максимально энергоэффективным, чтобы обеспечить длительное время автономной работы. Оно может оснащено аккумулятором, а также имеет возможность подключения к внешнему источнику питания.



Рис. 2 – Общий вид микрокомпьютера Raspberry Pi с тестовыми датчиками температуры и влажности

Проведенные испытания цифрового устройства контроля температуры и влажности зерна при послеуборочной обработке в ряде хозяйств Северо-Западного федерального округа показали его работоспособность и эффективность

Заключение. Установлено, что зерновой ворох, полученный прямым комбайнированием, обладает высокой активностью жизненных процессов и вследствие этого очень неустойчив при хранении. Из анализа следует, что для получения семян высокого качества, необходимо выдержать требуемые режимы работы всего оборудования пунктов послеуборочной обработки [10].

Сушка зерна – наиболее сложная и ответственная операция процесса послеуборочной обработки, особенно при обработке семенного зерна. Сушильное оборудование лимитирует производительность линии в целом. Правильно проведенная сушка позволяет сохранить свежееубранные семена, а также улучшить их посевные качества.

Для обеспечения требуемого качества обрабатываемого зерна необходим контроль за его параметрами. Разработанное цифровое устройство контроля и температуры и влажности зерна при послеуборочной обработке показало работоспособность и эффективность.

Кроме того, применение цифрового устройства контроля за процессами на послеуборочной обработке снижает затраты труда и облегчает работу обслуживающего персонала

Библиографический список

1. Машины и оборудование для послеуборочной обработки и хранения зерна и семян: кат. М.: ФГНУ «Росинформаготех», 2010. – 92 с.
2. Волхонов, М.С., Зимин, И.Б., Игнатенков, В.Г., Загорский, С.М. Повышение эффективности послеуборочной обработки фуражного зерна в условиях Северо-Западной зоны РФ // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 38. – С. 284–288.
3. Смелик В.А., Новиков М.А., Перекопский А.Н., Ерошенко Л.И. Послеуборочная обработка зерна и семян в условиях регионов повышенного увлажнения: монография. – СПб.: СПбГАУ, 2023. -162 с.
4. Патент № 2136137 Российская Федерация, МПК А01F 25/08, В35D 88/70. Аэрожелоб. № 98105280/13: заявл. 17.03.1996: опубл. 10.09.1999 / Л.В. Дианов, В.А. Смелик, Н.Е. Новикова. А.С. Ширяев; заявитель Ярославская государственная сельскохозяйственная академия.
5. Алтухова, Т.А., Алтухов, С.В., Шуханов, С.Г. Обзор и анализ методов активации процесса охлаждения зерна // Известия Международной академии аграрного образования, – 2022. – № 59. – С. 5–9.
6. Кузнецов, Н.Н. Пути и способы энергосбережения при послеуборочной обработке зерна // Перспективы развития технического сервиса в агропромышленном комплексе. – Чебоксары: ЧГСХА, – 2018. – С. 173–176.
7. Малков, Н.Г., Чухина, О.В., Демидова, А.И., Перекопский, А.Н., Кузьмин, В.Н. Анализ технико-технологических решений производства фуражного ячменя в Северо-Западном регионе // АгроЭкоИнженерия. – 2020. – № 3. – С. 24–32.
8. Бибик, Г.А., Смелик, В.А. Повышение эффективности сушки зерна и семян повышенной влажности // Чтения академика В. Н. Болтинского: сборник статей, Москва, 25–26 января 2022 года. – М., – 2022. – С. 281–285.
9. Perekopskiy A.N., Smelik V.A. Variables of the wheat seeds drying process in a carousel type dryer // British Journal of Innovation in Science and Technology. – 2016, Т.1, – №2. – pp. 11–20.
10. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – Москва : ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с. – ISBN 978-5-6049928-2-1.

УДК 635.21:632.08

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СПОСОБА ОЗОНИРОВАНИЯ ДЕЗИНФИЦИРУЮЩЕГО РАСТВОРА ДЛЯ СТИМУЛЯЦИИ И РОСТА РАСТЕНИЙ С УЧЕТОМ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ СИСТЕМЫ ОЗОНИРОВАНИЯ

Сторчевой В. Ф., д.т.н., профессор, зав. кафедрой

Гуров Д. А., ассистент

Кабдин Н. Е., к.т.н., доцент

Судник Ю. А., д.т.н., профессор

Белов М. И., д.т.н., профессор

*Российский государственный аграрный университет – МСХА имени
К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ*

Аннотация. В рамках данной работы выполнено определение эффективных режимов озонирования и получения математических выражений, позволяющих определять эффективную работу системы озонирования при дезинфекции с учетом конструктивных особенностей системы озонирования.

Ключевые слова: способы, озонирование, раствор, оборудование, эффективность, дезинфекция.

Введение

Разработана система озонирования при применении дезинфицирующего раствора для стимуляции и роста растений., позволяющая, снизить микробную загрязненность грунта спорообразующие формы микроорганизмов, тем самым повысить качество стимуляции и роста растений с учётом уровня микробной загрязнённости при сохранении питательной ценности грунта. Система озонирования дезинфицирующего раствора, осуществляется за счет образования требуемой концентрации озона в требуемом объёме дезинфицирующего раствора. Известно, что существующие аналогичные технические решения обладают технической проблемой в данной области, что является необходимостью расширения арсенала средств для повышения эффективности применения способа озонирования дезинфицирующего раствора для стимуляции и роста растений. Основной недостаток существующих установок по применению дезинфицирующего раствора – это низкое качество обработки грунта, связанное с отсутствием его озонирования, которое повышает качество сохранения питательной ценности грунта.

Цель данной работы – определение эффективности применения способа озонирования дезинфицирующего раствора для стимуляции и роста растений, с учетом конструктивных особенностей системы озонирования

Условия, материалы и методы исследования

Автоматизированная установка для получения дезинфицирующего раствора и стимуляции роста растений представлена на рис.1., которая состоит из катодной 11 и анодной 12 камер, через заливные отверстия 5 наливается вода. При достижении воды в катодной 11 и анодной 12 камерах необходимого уровня на электроды 9 подается постоянное напряжение с источника 2 регулируемого напряжения. Происходит процесс электролиза воды. В связи с тем, что между электродами 9 находится полунепроницаемая диафрагма 10 (например, брезента), то продукты электролиза, образовавшиеся в анодной 12 и катодной 11 камерах, не смешиваются. В анодной камере 12 образуется анолит, а в катодной 11 – католит. Перед завершением электролиза включается генератор озона 14 и посредством компрессора 15 подаётся через стабилизатор 23 концентрации озона и трубопроводы озоновоздушная смесь в ёмкостях 20 католита и 21анолита.

На первый вход (знак –) первого элемента 3 сравнения от датчика 22 водородного показателя (рН) католита поступает электрический сигнал, пропорциональный фактическому значению водородного показателя (рН) католита в ёмкости 20 католита, а на второй вход этого элемента 3 сравнения поступает электрический сигнал от блока 4 задания, пропорциональный заданному (требуемому для определённой сельскохозяйственной культуры) значению водородного показателя (рН). При отклонении фактического значения этого показателя от заданного первый элемент 3 сравнения выдаёт электрический сигнал, пропорциональный величине напряжения, поступающего от источника 2 регулируемого напряжения. При увеличении напряжения относительно номинального происходит повышение величины водородного показателя (рН). .

На первый вход (знак –) второго элемента 18 сравнения от датчиков 26 влажности почвы поступает электрический сигнал, пропорциональный фактическому значению влажности почвы, а на второй вход этого элемента 18 сравнения поступает электрический сигнал от блока 19 задания, пропорциональный заданному (требуемому для определённой сельскохозяйственной культуры) значению влажности почвы. При отклонении фактической влажности почвы от заданной второй элемент 18 сравнения выдаёт электрический сигнал, пропорциональный величине такого отклонения (рассогласования) и поступающий на первый вход микроконтроллера 17. Выход последнего подключен к электрическому вентилю 29 расхода католитной воды,

связанному посредством трубопровода с магистральным трубопроводом 27 системы капельного орошения почвы.

На первый вход (знак –) третьего элемента 31 сравнения от датчика 32 концентрации озона поступает электрический сигнал, пропорциональный фактическому значению концентрации озона в ёмкости 20 католита, а на второй вход этого элемента 31 сравнения поступает электрический сигнал от блока 32 задания, пропорциональный заданному (требуемому для определённой сельскохозяйственной культуры) значению концентрации озона. При отклонении фактической концентрации озона от заданной третий элемент 31 сравнения выдаёт электрический сигнал, пропорциональный величине такого отклонения (рассогласования) и поступающий на второй вход микроконтроллера 17. Выход последнего подключен к реле 16 времени работы компрессора 15. При увеличении времени его работы относительно номинального происходит повышение величины концентрации озона.

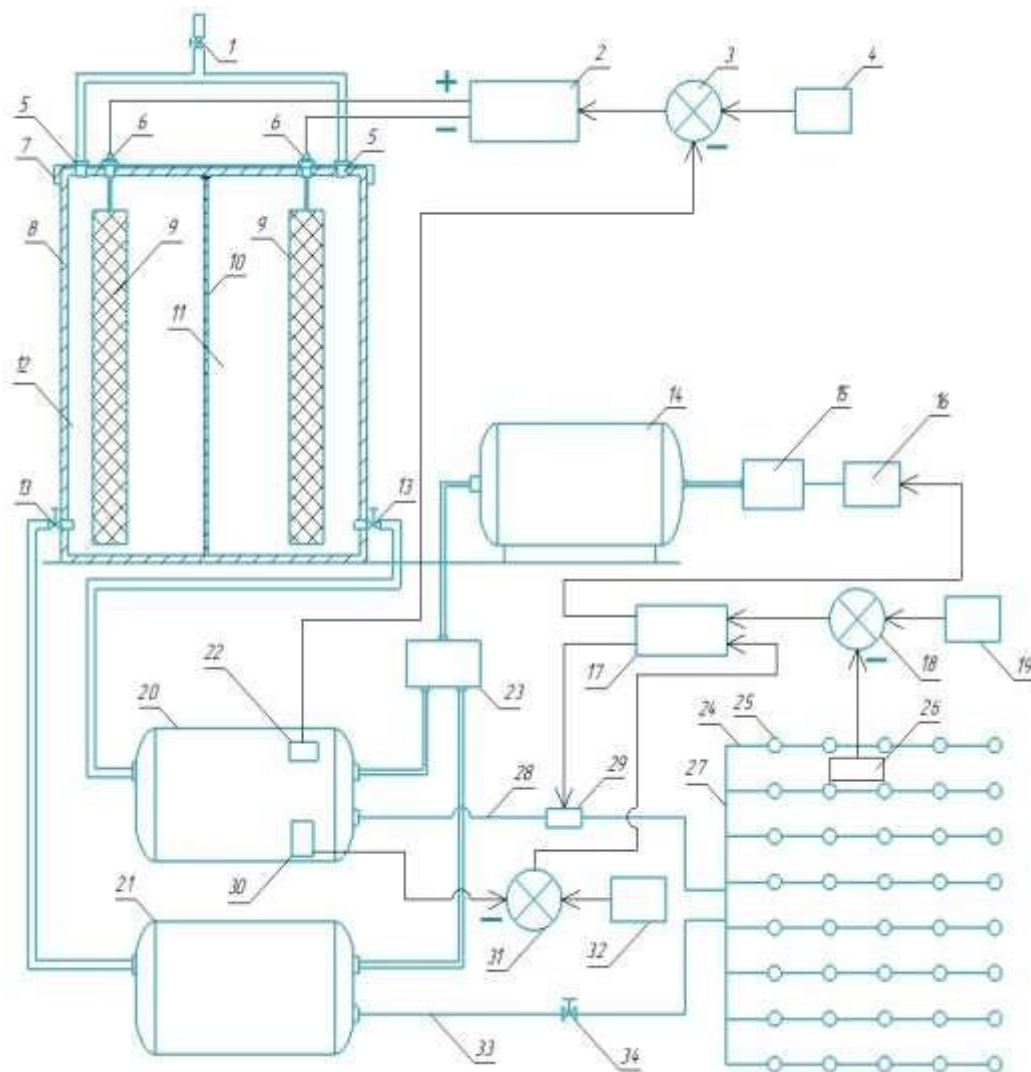


Рис.1 – Автоматизированная установка для получения дезинфицирующего раствора и стимуляции роста растений.

По сравнению с прототипом предлагаемое техническое решение позволяет получать раствор с заданными концентрацией озона и значением водородного показателя (рН), автоматического полива растений для их стимуляции и роста, а также возможности обеззараживания растений.

Исследования, проведенные рядом авторов по применению системы озонирования и ее надежности [2;5-7;8-10], показали необходимость получения требуемой и стабильной концентрации озона дезинфицирующего раствора для стимуляции и роста растений.

Результаты исследования

Были проведены экспериментальные исследования по определению основных режимов работы установки по насыщению водородного показателя (рН) католита и анолита молекулами озона в целях дезинфекции. В частности, стабилизатор 23 концентрации озона (рис.1) определяет стабильную работу системы по насыщению водородного показателя (рН) католита и анолита молекулами озона в целях дезинфекции. Для измерения концентрации озона использовался хемиллюминесцентный газоанализатор озона 3.02.П, концентрацию отрицательных ионов в реакционной камере 5 определяли прибором Т-8401. Ток вторичной обмотки измерялся при помощи амперметра ЭА72, диапазон значений переменного тока 0 – 100 мА. Напряжение вторичной обмотки измерялось статическим киловольтметром С-96. Источник высокого напряжения ТГМ-1020 (номинальное вторичное напряжение при холостом ходе от 1,5 до 10 кВ, номинальная частота сети 50 – 60 Гц, номинальный вторичный ток (\pm) 20 мА [1; 3-4]. Результаты проведенных исследований отражены в таблице 1 и на рисунке 2.

Таблица 1. Эффективность работы озонатора от соотношению определенных параметров.

№ п/п	Общая емкость разрядной камеры озонатора, 10^{-12} Ф	Напряжение U, кВ	Ток (ток разряд), мкА	Концентрация озона O_3 мкг/м ³
1	9.387	10	326	536.8889
2	9.387	5	210	152.6667
3	9.387	3	35	80
4	4.361	10	235	440.9
5	4.361	5	108	52.3
6	4.361	3	17	6.2
7	2.509	10	112	308.9
8	2.509	5	67	38.3
9	2.509	3	9	5.8
10	1.797	10	65	153.9
11	1.797	5	31	3.6
12	1.797	3	4	0,7

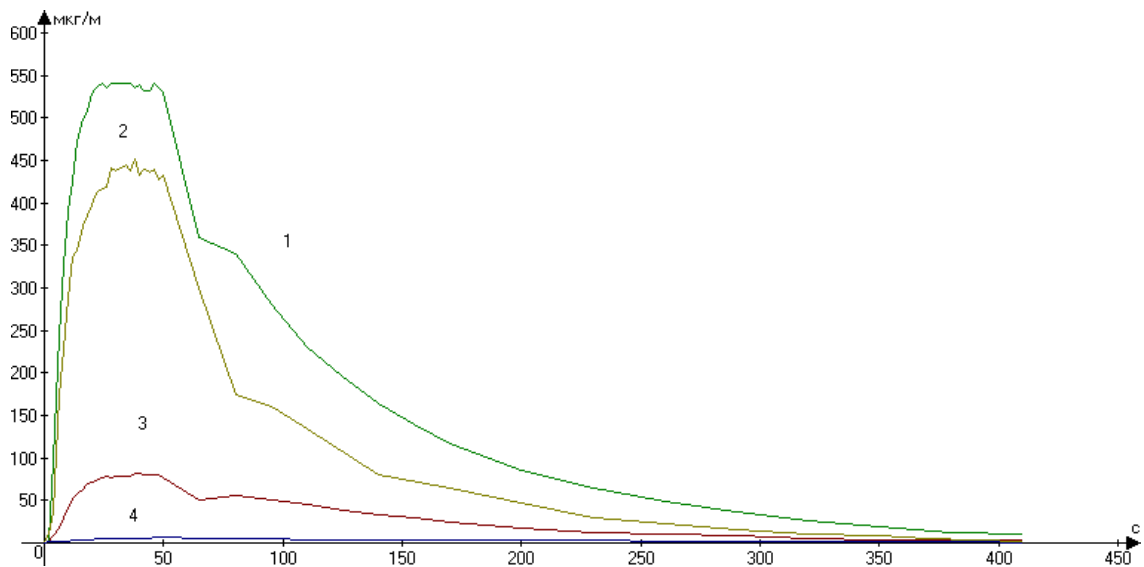


Рис. 2 – График зависимости уровня концентрации озона от времени работы озонатора при разной площади обкладки диэлектрика (S):
 1 – при $S = 165 \text{ см}^2$ $U=10 \text{ кВ}$; 2 – при $S = 80 \text{ см}^2$ $U = 10 \text{ кВ}$;
 3 – при $S = 165 \text{ см}^2$ $U=3 \text{ кВ}$; 4 – при $S = 80 \text{ см}^2$ $U=3 \text{ кВ}$

Таблица 2. Параметры расчёта эффективности работы озонатора

№	Общая емкость озонатора, $10^{-12} \Phi$, (Y1)	Ток разряда Iраз, мА (Y2)	Температура T, К (Y3)	Влажность W, % (Y4)
1	0,21	5	270	50
2	0,32	10	280	55
3	0,43	15	283	60
4	0,54	20	285	65
5	0,65	25	287	70
6	0,81	30	289	75
7	0,92	35	290	80
8	1,00	40	293	85
9	1,20	45	295	90
1	1,50	55	300	95

На графике, представленном на рисунке 1, показано, что через 30 секунд после включения озонатора установка выходит в номинальный режим работы и достигается максимальная концентрация озона в стабилизатор 23 концентрации озона (рис.1). Соответственно, после отключения озонатора концентрация озона стремительно уменьшается и уже через 6 минут снижается практически до 0. Так же на графике отчетливо видно, что площадь обкладок озонатора оказывает

нелинейное влияние на его производительность, если сравнить значения концентрации озона.

Обработка результатов исследований по определению эффективных режимов озонирования в стабилизаторе 23 концентрации озона (рис.1) определяет стабильную работу системы по насыщению водородного показателя (рН) католита и анолита молекулами озона в целях дезинфекции проводилась в программе Statistica 8. Параметры расчёта эффективности работы озонатора представлены в таблице 2[1; 3-4].

Обработка результатов позволила получить регрессионные модели и эффективные режимы озонирования в целях дезинфекции:

$$C_{об} = 149 x_1 + 1,05x_2 + 0,0008x_1 x_2 - 0,0002x_2^2, \quad (1)$$

$$I_{раз} = 717,3065 - 690,783x_1 - 92,087x_2 + 1,2724x_1^2 - 0,3366x_1x_2 - 0,0209x_2^2, \quad (2)$$

$$T = 278,21 - 1,5625x_1 + 6,5571x_2 + 0,04x_1^2 + 0,2789 x_1 x_2 + 0,4743x_2^2 \quad (3)$$

$$W = 45 + 0,25x_1 \cdot 3,15x_2 - 1,04x_1^2 \cdot 1,58x_1 x_2. \quad (4)$$

где x_1, x_2 – варьируемые факторы совместимы и не коррелированы между собой.

Выводы

Достижения максимальной эффективности работы системы озонирования возможно при определении соотношений определенных параметров, в большей степени влияющих на эффективность работы по концентрации озона в стабилизатор 23 концентрации озона (рис.1). Определение эффективных режимов озонирования основывалась на соотношении определении основных параметров (общая емкость озонатора - 10^{-12} Ф; ток разряда в барьерной системе озонатора - $I_{раз}$, мА; температура в камере устройства - T , К; влажность в камере устройства - W , %), в большей степени влияющих на эффективность работы по получению стабильной концентрации озона.

Анализ регрессионных уравнений позволил выявить рациональные режимы работы системы озонирования, обеспечивающие минимум удельных энергетических затрат при эффективных параметрах: общая емкость озонатора 1,5 мкФ; ток разряда 75 мА; температура +283 К, влажность 67%. В результате проведенных исследований, были получены математические выражения (1)-(4) позволяющие определять эффективную работу системы озонирования при дезинфекции, учитывая основные параметры озонатора.

Библиографический список

1. Storchevoy V. F., Suchugov S. V., Kompaniets A. E.. 2019 Creation of an ozone-ion air environment in closed premises for keeping animals and poultry. Bulletin

of the Federal state educational institution of higher professional education "Moscow state Agroengineering University named After V. p. Goryachkin".. No. 3 (91). Pp. 35-39.

2. Manuylenko A.N. & Vendin S. V.2018 Ozoning of air in animal species. Mezhdunarodnyy molodezhnyy agrarnyy forum "AGRARNAYA NAUKA V INNOVATSIONNOM RAZVITII APK"Belgorod

3. Storchevoy V., Suchugov S., Umansky P., Storchevoy A. Study of the operating modes of a microwave installation for heat treatment and disinfection of grain. В сборнике: E3S Web of Conferences. 14th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness, INTERAGROMASH 2021. Rostov-on-Don, 2021. С. 01022.

4. Сторчевой В.Ф., Кабдин Н.Е., Компаниец А.Е.Исследование параметров и режимов работы озонатора-ионизатора для молочных ферм. Агроинженерия. 2020. № 3 (97). С. 50-54.

5. Antrova A.A., Polikanov A.V. 2016 Development of a scheme for an installation for sterilizing milk by ultraviolet radiation. Collection of articles of the International Scientific and Practical Conference of Young Scientists, dedicated to the 65th anniversary of the Penza State Agricultural Academy. Publisher: Penza State Agrarian University (Penza). Pp. 265-268

6. Jing Wang 2019 Modern milk processing technology. Innovative trends in the development of Russian science. Materials of the XII International Scientific and Practical Conference of Young Scientists. Publisher: Krasnoyarsk State Agrarian University (Krasnoyarsk). Pp 265-267

7. Сырых Н.Н., Кабдин Н.Е. Характеристики надежности электрооборудования на основе предельных теорем теории вероятностей .Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". 2013. № 1 (57). С. 7-12.

8. Trapeznikov O. A., Savchits A.V., Efremkin S. I. Development of an automated control system for the technological process of milk pasteurization. 2019 In the collection: SCIENCE TODAY: CHALLENGES AND SOLUTIONS. materials of the international scientific and practical conference. Scientific Center "Disput". pp. 24-26.

9. Андреев С.А., Судник Ю.А., Белоусова И.В. Энергосберегающее управление влажностью воздуха на объектах. Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". 2010. № 2 (41). С. 7-12.

10. Судник Ю.А., Абделхамид М. Способ определения зрелости томатов на основе контроля их индукции флуоресценции хлорофилла. Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". 2020. № 1 (95). С. 51-54.

УДК 633.2.039.6

ПЛАНИРОВАНИЕ ЛАБОРАТОРНО-ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЫСЕВАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МОЗАИЧНОГО ПОСЕВА

Фирсов А. С., кандидат технических наук, доцент,

Белякова Е. С., кандидат технических наук, доцент,

Черникович Ю. Ю., аспирант,

ФГБОУ ВО Тверская ГСХА, г. Тверь, РФ

Аннотация. Решение проблемы дефицита продовольствия в стране тесно связано с укреплением кормовой базы животноводства. В кормлении животных особенно большое значение имеют зеленые корма, получаемые из многолетних и однолетних кормовых трав, на основе которых создается основная и наиболее дешевая продукция. Получение сбалансированной кормовой массы зависит от выбора сельскохозяйственной культуры и способа посева, наиболее оптимальным при этом является мозаичный способ.

Ключевые слова: посев, высевающий аппарат, сеялка, скорость, бункер, полевой опыт.

В условиях импортозамещения рост производства кормов и кормовой базы должны осуществляться путем оптимального соотношения полевого и лугового кормопроизводства, совершенствования структуры посевных площадей, семеноводства, внедрением прогрессивных технологий возделывания кормовых культур, заготовки, хранения кормов и углублением специализации кормопроизводства [1-3]. Дальнейшее развитие животноводства невозможно без постоянной интенсификации кормопроизводства. Особую значимость в этом вопросе играет совершенствование способов посева сельскохозяйственных культур и конструктивно-технологических особенностей используемых посевных агрегатов[4].

Выбор высевающей системы при проектировании сельскохозяйственной машины, осуществляющей технологическую операцию посева культуры зависит от условий функционирования рабочего узла (Рис.1)



Рис. 1 - Схема функционирования высевальной системы

Основным условием качественного функционирования процесса высевки является оптимальная установка режимов работы высевальных устройств [5].

На начальном этапе для определения основных факторов, влияющих на значение отклика, проводится изучение технологической операции посева [6].

При планировании эксперимента под факторами принимаются скорость движения ленты, посевная культура, форма бункера (угол наклона). Под откликом подразумевалось отклонение от заданной координаты и показатели качественного проведения технологического процесса посева (Рис. 2)



Рис. 2 - Блок-схема взаимодействия внешней системы с высевальным аппаратом

Планирование лабораторного исследования осуществляется с помощью классического метода и на основании существующих методик. Для этого готовится план-матрица полнофакторного эксперимента. При исследовании выбран математический метод планирования, поскольку исследования проводятся при одновременном варьировании всех факторов, уровни которых принимаются по специальным расчетам, число опытов сводится к минимуму, а после каждой серии опытов имеется возможность принимать обоснованные решения [7] (Табл. 1).

Общее количество опытов, с учетом трехкратной повторности каждого, при данном методе составит 81. По результатам опытов уравнение регрессии, примет вид.

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3, \quad (1)$$

где $x_{1,2,3}$ - кодированное значение факторов, $b_0, b_1, b_2, b_3, b_{11}, b_{22}, b_{33}, b_{12}, b_{13}, b_{23}$ - коэффициенты при соответствующих значениях x .

Таблица 1 - План-матрица ПФЭ лабораторного эксперимента типа 3^3 при мозаичном посеве

Факторы	Код	Уровни натуральных значений			Кодовые значения		
		Мин.	Сред.	Макс.	Мин.	Сред.	Макс.
Скорость движения ленты, м/с	X1 (А)	2,3	2,5	2,7	-1	0	+1
Посевная культура (геометрические параметры), мм.	X2 (Б)	6	8	10	-1	0	+1
Форма бункера (угол наклона), град.	X3 (В)	45	60	90	-1	0	+1

Адекватность полученного регрессионного уравнения подтверждают по критерию Фишера, значимость коэффициентов уравнения определяют по критерию Стьюдента (при 5% уровне значимости).

При планировании лабораторного исследования высевающего аппарата подразумевается проведение серии опытов на лабораторной установке кафедры технологических и транспортных машин и комплексов (Рис. 3).

Лабораторная установка, привод которой осуществляется электродвигателем через ременную передачу, снабжена бункером, в котором содержится посевной материал. Бункер поделен перегородками на отсеки для посева двух культур, катушечные высевающие аппараты расположены непосредственно над днищем бункера, дозируя проходящий через него материал. Бункер и высевающие аппараты неподвижно закреплены на сваренном равнополочном уголке над транспортерной лентой. Через семепроводы высеваемый материал поступает к поверхности ленточного транспортера, движущегося с заданной линейной скоростью. Семена распределяются на поверхности движущейся ленты, фиксируясь на ней с помощью консистентного материала. Через определенный момент времени установка прекращает работать, исследователь снимает данные отклика и вносит их в ведомости. Полученные в результате опытов данные обрабатываются статистически, составляются регрессионные уравнения, строятся трехмерные графики зависимостей при последовательном фиксировании одного из факторов и выбираются рациональные значения факторов, что позволит добиться качественного посева [8].

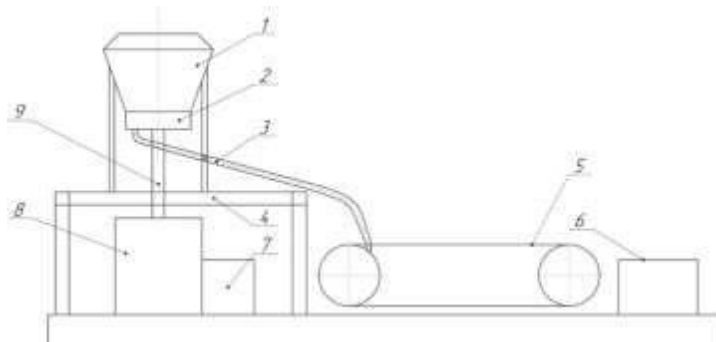


Рис. 3 - Подготовка лабораторной установки для определения качества работы высевяющих аппаратов: 1 - бункер, 2 – высевяющие аппараты, 3 - семяпровод, 4 - рама, 5 - транспортерная лента, 6 и 7 - электродвигатель, 8 - редуктор, 9 – привод высевяющих аппаратов

На основании проведенного эксперимента проводились полевые исследования на сеялке СН-16 с модернизированным бункером (Рис. 4)

При планировании полевого опыта одним из важных показателей является выбор посевного материала. Поскольку мозаичный посев подразумевает высев различных культур, то с учетом пригодности опыта выбраны самые распространенные для Нечерноземной зоны сорта с соответствующими нормами высева [9] (Табл. 2).



Рис. 4 - Семенной бункер сеялки СН-16 с отсеками

Таблица 2 - Нормы высева семян

Культура	Норма высева, кг/га	Норма высева, млн. семян на 1 га
1. Овес	180	6
2. Тимофеевка	8	19
3. Козлятник	20	3
4. Вика	100	1,2

Норма высева семян в каждой делянке соответствовала рекомендуемой, так как была в 2 раза занижена от норматива. Глубина хода сошников установлена на значение 3 см.

Перед проведением полевого опыта проводится соответствующая предпосевная обработка почвы. Характеристика участка в дни проведения опыта заносится в ведомость.

При проведении технологической операции посева семена будут распределяться по схеме (слева направо по ходу движения) – тимофеевка, козлятник, вика, овес. В результате проведения исследований планируется получить мозаичный травостой с готовую смешанную зеленую массу [9].

Библиографический список

1. Севрюгина, Н. С. Эффективность выбора средств механизации строительных и специальных строительных работ / Н. С. Севрюгина, П. Д. Капырин // Механизация строительства. – 2017. – Т. 78, № 11. – С. 59-64. – EDN ZSHNHP.
2. Горбачев, И.В. Прогнозирование урожайности зерновых и зернобобовых культур в хозяйствах ЦФО РФ до 2020 года / И.В. Горбачев, Т.В. Панова, М.В. Панов // Вестник Брянской ГСХА. - 2014. - № 2. - С. 43-46.
3. Тюлин, В.А. Агроэкологические факторы формирования зерновых культур / В.А. Тюлин, Д.А. Иванов, Д.И. Лотц // Инновационные технологии в АПК региона: достижения, проблемы, перспективы развития: материалы Национальной науч.-практ. конф. Тверь. 2021. С. 97-100.
4. Суровцев В.Н. Повышение эффективности производства кормов из многолетних трав в нечерноземной зоне России на основе освоения цифровых технологий АПК: экономика, управление. 2022. № 8. С. 60-70.
5. Крючин Н.П. Влияние способов формирования семенного потока высевальными аппаратами на равномерность распределения семян в рядке. Научное обозрение. 2015. № 3. С. 8-12.
6. Фирсов, А.С. Методика проведения лабораторных исследований льнотеребильного аппарата / А.С. Фирсов, А.В. Виноградов, Е.С. Белякова // В

сборнике: Развитие научно-инновационного потенциала аграрного производства: проблемы, тенденции, пути решения. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. Тверь, 2022. С. 287-289.

7. Скороходов, А.Н., Моделирование и оптимизация параметров и режимов работы посевных комбинированных комплексов по критериям ресурсосбережения / А.Н. Скороходов, А.Г. Левшин, Н.А. Майстренко // В сборнике: Доклады ТСХА. 2019. С. 147-153.

8. Овчинников, В.А. Повышение качества посева семенников мелкосеменных культур / В.А. Овчинников, М.Н. Чаткин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2020. № 2 (46). С. 75-80.

9. Косолапов, В.В. Совершенствование технологии силосования зеленой массы \ В.В. Косолапов, А.В. Косолапова, Е.В. Косолапова // В книге: Проблемы и перспективы развития аграрной экономики. Материалы и доклады. 2015. С. 68-71.

СЕКЦИЯ: «ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЯГОВО- ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ»

УДК 537.634:620.263

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МОЛЕКУЛЯРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СТРУКТУРЕ УГЛЕВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА

Карлюк А. П., преподаватель

*Еднач В. Н., кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой
механики материалов и деталей машин*

Щурин К. В., д.т.н., профессор

*Белорусский государственный аграрный технический университет,
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Рассмотрена проблема повышения теплотворной способности углеводородных топлив методом магнитной активации, реализующим разрыв межмолекулярных и внутримолекулярных связей, что обеспечивает высокий уровень доступа молекул окислителя к молекулам горючего, повышая полноту сгорания топлива и снижение вредных выбросов двигателей внутреннего сгорания. С использованием зависимостей Ван дер Ваальса и уравнения Шредингера предложены методы расчета энергии магнитного поля, необходимой для разрыва межмолекулярных внутримолекулярных связей.

Ключевые слова: двигатели, топлива, диамагнетики, энергия, воздействия, магнит, вязкость.

Введение.

Основной характеристикой качества топлива, формирующей показатели его энергетической и экологической эффективности, является теплотворная способность, которая преимущественно зависит от полноты сгорания топлива. Применительно к жидким топливам величина низшей теплотворной способности Q_n (МДж/кг) определяется по эмпирической формуле Д. И. Менделеева:

$$Q_n = 0,339[C] + 1,256[H] + 0,109[S] - 0,109[O] - 0,025[W], \quad (1)$$

где в скобках указано процентное массовое содержание соответствующих химических элементов - углерода, водорода, серы, кислорода и влаги W в составе топлива; 0,339, 1,256, 0,109 – теплоты сгорания, необходимые для сжигания 1 % соответствующего элемента.

Образованию молекулярных кластеров способствуют многие факторы, например, длительность хранения топлива в емкостях, температура среды, электростатическое взаимодействие с деталями топливной системы и др. При воспламенении топлива в камерах сгорания наличие молекулярных кластеров существенно затрудняет превращение полной химической энергии в тепловую, поскольку значительная часть молекул в момент воспламенения недоступна для кислорода [1–4]. Очевидно, основной задачей повышения энергетической и экологической эффективности является повышение теплотворной способности топлива путем дефрагментации молекулярных кластеров до выделения отдельных молекул.

Методика исследования. Известны несколько прикладных теорий, положенных в основу изучения механизма действия магнитного поля на нефтяные дисперсные системы [5, 8, 9]. Это – «коллоидные» гипотезы, в основе которых лежит действие магнитного поля на коллоидные диамагнитные, парамагнитные и ферромагнитные частицы; «ионные» гипотезы, в которых основная роль отводится находящимся в структуре ионам и «водные» гипотезы, обосновывающее действие магнитного поля на собственно воду.

Механизм действия магнитного поля на водные системы сводится к изменению связей микропримесей с молекулами жидкой среды. «Водные» теории [5, 8–10] получили достаточно большую известность применительно к действию магнитного поля на физико-химические свойства нефтяных и водонефтяных жидких сред. Они основаны на разрушении в магнитном поле агрегатов железосодержащих частиц.

В то же время не следует априори отводить определяющую роль в процессах, протекающих в нефтепродуктах при магнитном воздействии, микропримесям железа, являющегося лишь одной из разновидностей минерального состава механических примесей. Применительно к нефтяным системам по «коллоидной теории» в процессе магнитной обработки нефти и нефтепродуктов САК (смолисто-асфальтеновые компоненты) являются основными микропримесями, несущими свободные поверхностные заряды, взаимодействующие с внешним МП [8, 9].

САК являются веществами параэлектрического, парамагнитного и диамагнитного типа. Нефтяные углеводороды в зависимости от молекулярной массы имеют различную магнитную восприимчивость, которая возрастает при увеличении числа атомов углеводородов в молекуле. Наличие в нефтепродуктах ферромагнетиков (железа, ванадия, никеля и др.) так же дополняет сложные пространственные взаимодействия диамагнитных и парамагнитных компонентов нефти в магнитном поле. В топливном потоке большое влияние оказывают газовые пузырьки, диспергированные капельки воды и механические

примеси, которые становятся дополнительными центрами образования зародыша новой фазы в микрообъеме жидкости. При формулировании представления о механизме действия магнитного поля на многокомпонентные нефтяные системы, следует учитывать особенности нефтепродуктов как объекта исследования НФВ с оценкой содержания смол, асфальтенов, парафиновых углеводородов, наличия водной, газовой фаз и микропримесей, в том числе обладающих ферромагнитными свойствами.

Таким образом, основной задачей повышения энергетической эффективности – теплотворной способности топлива – является дробление молекулярных кластеров до выделения отдельных молекул.

Задачей следующего уровня для повышения теплотворной способности топлива является дефрагментация молекул на свободные радикалы и атомы. При воздействии магнитных полей с оптимальными значениями магнитотропных параметров в структуре топлива возникают различные радикалы, жидкая фаза частично преобразуется в газообразную, выделяется свободный водород, из метана образуется метил, из этана – этил, из бутана – бутил и т.д. Свободные радикалы – это сравнительно устойчивые фрагменты органических соединений, в которых отсутствует один атом водорода, т.е. радикалы имеют отрицательный электрический заряд и меньшую химическую устойчивость. Рациональное изменение магнитотропных параметров процесса активации имеет своей целью повышение выделяемой тепловой энергии за счет полноты сгорания.

Молекулярное взаимодействие основано на электрическом взаимодействии – силе Ван-дер-Ваальса, которая является вариантом Кулоновских сил. К основным характеристикам химической связи, дающим информацию о геометрическом строении (структуре) молекулы и ее прочности, относятся длина связи, валентный угол и энергия связи [9–11].

Для диполь-дипольного межмолекулярного взаимодействия расчет сил производится с использованием зависимостей Ван дер Ваальса [9, 11]. В качестве примера рассмотрим взаимодействие диполей, показанное в таблице 1, поз. 1. Результирующая сила взаимодействия складывается из четырех компонентов – двух сил отталкивания между одноименными зарядами и двух сил притяжения – между разноименными зарядами [11, 12]. Суперпозиция сил определяет равнодействующую

$$F = \frac{(-q)(-q)}{4\pi\epsilon_0 r^2} + \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} + \frac{(-q)(-q)}{4\pi\epsilon_0 (r-l)^2} + \frac{(-q)(-q)}{4\pi\epsilon_0 (r+l)^2} = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{2}{r^2} - \frac{1}{(r-l)^2} - \frac{1}{(r+l)^2} \right] \quad (3)$$

Осуществив преобразования, получим

$$F = \frac{6q^2 l^2}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{r^2 - (l^2 + 3)}{r^2 (r^2 - l^2)^2} \quad (4)$$

Энергия связи в молекуле равна работе, которую необходимо затратить, чтобы разделить молекулу на части (атомы, группы атомов) и удалить их друг от друга на «бесконечное» расстояние [12]. В нашем случае «бесконечными» являются расстояния между элементами, при которых становится не возможным их синтетическое взаимодействие – восстановление связи. Для молекул, состоящих из двух атомов, энергия связи равна энергии диссоциации молекулы. Для многоатомных молекул с одним типом связи, например, молекул вида A_mB_n , средняя энергия связи равна $1/n$ части энергии распада молекулы на атомы (энергии атомизации). В квантовой химии применяют метод наложения валентных схем (теории резонанса) [9, 12] и используют приближенные решения уравнения Шредингера в волновые функции вида

$$\psi = \sum c_i \psi_i \quad (5)$$

где ψ – приближение к результатам точного решения уравнения Шредингера для многоатомных молекул, ψ_i – отвечает определенному расположению связей в молекуле, c_i – коэффициенты.

Энергия межмолекулярного взаимодействия на один-два порядка меньше энергии химической связи. Например, энергия химической связи С–Н (в углеводородах) составляет 415 кДж/моль, С–С-связи – 332 кДж/моль, а энергия взаимодействия между молекулами углеводородов – приблизительно 4,18 кДж на группу CH_3 [12]. При увеличении молекулярной массы вещества суммарный эффект межмолекулярных сил резко возрастает.

В общем случае энергия взаимодействия определяется по формуле (9) [3]

$$E_K = -2\mu_1\mu_2/4\pi\epsilon_0r^3 \quad (6)$$

где μ_1, μ_2 – дипольные моменты; r – расстояние между молекулами; ϵ_0 – диэлектрическая проницаемость вакуума.

В случае одинаковых молекул ($\mu_1 = \mu_2$) формулу (9) можно записать в виде

$$E_K = -\mu^2/4\pi\epsilon_0r^3 \quad (7)$$

В равновесной среде устанавливается некоторое распределение кластеров по числу содержащихся в них частиц. Это число в общем случае может быть любым и является случайной величиной. Функция распределения кластеров должна учитывать особенности строения кластера. Исследование свойств различных статистических распределений позволило авторам [3, 11, 12] выделить из их множества наиболее общее – гамма-распределение, плотность вероятностей которого в применении к количеству содержащихся в кластере частиц определяется по формуле (11) [8]

$$f(Z) = \frac{\lambda^\alpha}{\Gamma(\alpha)} Z^{\alpha-1} e^{-\lambda Z}, \quad (8)$$

где $\lambda > 0$ – параметр масштаба, $\alpha > 0$ – порядок распределения, $\Gamma(\alpha)$ – гамма-функция (интеграл Эйлера второго рода).

В нашем случае для разрушения кластеров и внутримолекулярных связей используется энергия магнитного поля (ЭМП).

На рис. 1 показаны этапы воздействия магнитного поля на единичный диполь.

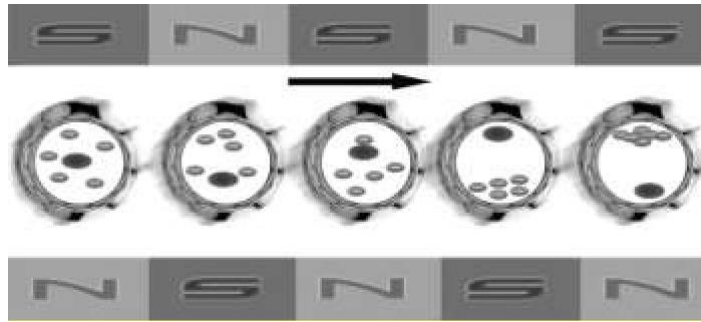


Рис. 1 – Движение молекулы в переменном магнитном поле

Во-первых, магнитное поле снимает электростатический заряд с топлива, который оно получило при протекании в топливных магистралях и меняет его структуру. Во-вторых, изменяется вязкость и все параметры, входящие в нее: диэлектрическая проницаемость, поверхностное натяжение жидкости, константы горения, растворимость кислорода в топливе и т.д. В-третьих, при поляризации происходит упорядочение ориентаций спиновых и орбитальных моментов хаотично движущихся молекул. И, в-четвертых, благодаря переменному магнитному полю ассоциаты-кластеры, совершая колебательные движения, разрушаются на отдельные диполи, которые быстрее вступают в реакцию горения. При этом также высвобождаются свободные радикалы и отдельные элементы молекулы, что дополнительно повышает теплотворную способность.

Все выше перечисленные факторы влияют на достижение поставленной цели – увеличение энергетических и экологических показателей сгорания топлива за счет полноты сгорания его компонентов.

Зная вышеперечисленные параметры, определяется энергия магнитного поля (максимальное энергетическое произведение, объемная плотность энергии) w (кДж/м³), которая зависит от магнитной индукции (B) и напряженности магнитного поля (H). [3,5]

Согласно теории близкодействия, ЭМП распределена по всему объему V пространства, в котором существует МП.

ЭМП, заключенная в единичном объеме этого поля, называется объемной плотностью энергии магнитного поля w :

$$w = \frac{W}{V} = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{BH}{2}, \quad (9)$$

где B – магнитная индукция, Тл; μ_0 – магнитная постоянная, Гн/м; H – напряженность магнитного поля, А/м; μ – относительная магнитная проницаемость.

Полимерные цепочки органического топлива, проходя через магнитное поле переменной полярности, совершают колебательные движения и разрываются, увеличивая количество активных сторон молекул, одновременно вступающих в процесс окисления.

В устройствах, для активации немагнитных жидких сред применяют неодимовые магниты из сплава Nd-Fe-B (неодим–железо–бор), которые имеют существенно лучшие магнитные свойства.

Кроме того, неодимовые магниты обладают следующими отличительными свойствами: за 10 лет теряют лишь 1 % намагниченности; доступны любые размеры и формы; низкая температура Кюри; высокая устойчивость к коррозии; максимальная остаточная намагниченность; максимальная коэрцитивная сила; максимальная удельная магнитная энергия [13].

Заключение. Основной задачей обеспечения процесса магнитной активации немагнитных жидкостей, в том числе углеводородных топлив, является подбор и реализация магнитотропных параметров активатора, адекватных поставленной цели, – улучшению эксплуатационных (потребительских) свойств веществ. В соответствии с изложенной методикой этапами решения задачи являются:

- 1) констатация химической формулы основной активируемой жидкости;
- 2) качественный и количественный анализ допускаемых примесей по ГОСТ на жидкость;
- 3) определение видов межмолекулярных и внутримолекулярных связей;
- 4) расчет энергетических характеристик связей;
- 5) определение основных показателей потока активируемой жидкости – удельный расход, скорость потока, ориентация относительно силовых линий МП;
- 6) подбор магнитов с необходимой плотностью энергии магнитного поля;
- 7) выбор конструктивной схемы магнитного активатора, характеристики которого обеспечат разрыв межмолекулярных и внутримолекулярных связей;
- 8) определение способа косвенной оценки эффективности активации;
- 9) проведение лабораторных и эксплуатационных испытаний активатора с корректированием его расчетных магнитотропных параметров.

Библиографический список

1. Мельников Г.А., [и др.]. Структурные свойства конденсированных сред в рамках кластерной модели / Ученые записки. Электронный научный журнал Курского государственного университета. – 2011. – № 4 (20). – С. 1–6.
2. Щурин К. В., Панин И.Г. Изменение свойств немагнитных жидкостей в переменном магнитном поле // «Информационно-технологический вестник» – 2017. – № 1. – С. 103-114.
3. Карлюк А.П., Карлюк И.П., Щурин К.В. Ультразвуковой метод повышения теплотворной способности топлив для дизельных двигателей внутреннего сгорания // Сборник научных статей 7-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием // «Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении» – № 7. – 2022. – С. 78-93. г.Курск.
4. Помазкин, В. А. Неспецифические воздействия физических факторов на объекты биотехносферы: Монография. – Оренбург, ОГУ, 2001. – 340 с.
5. Егоров И.Н. Улучшение эксплуатационных свойств дизельных топлив в условиях сельскохозяйственного производства: Дис. ... канд. техн. наук: Великолукский СХИ. – Великие Луки, 1983. – 292 с.
6. Пивоварова Н. А. Интенсификация процессов переработки углеводородного сырья воздействием постоянного магнитного поля: Дис. ... докт. техн. наук: 05.17.07 / Рос. гос. ун-т нефти и газа им. И.М. Губкина. – Москва, 2005. – 361 с.
7. Классен В.И. Омагничивание водных систем. – М.: Химия, 1982. – 296 с.
8. Клочков, А. В., Соломко О.Б., Емельяненко А.А. Параметры магнитного поля в устройствах омагничивания воды // «Агропанорама» – № 5. – 2020. – С. 23-28.
9. Лидин Р. А., Андреева Л. Л., Молочко В. А. Справочник по неорганической химии. Константы неорганических веществ. Справочное пособие. – М.: Химия, 1987. – 320 с.
10. Аликберова Л.Ю., Савинкина Е.В., Давыдова М.Н. Основы строения вещества. Методическое пособие кафедры неорганической химии МИТХТ им. М.В. Ломоносова – М., – 2004, [электронный ресурс]: <http://www.alhimik.ru/stroenie/titul.htm>
11. Каплан И.Г. Введение в теорию межмолекулярных взаимодействий – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы – 1982. – 312 с.

12. Гурвич Л.В. и др. Энергии разрыва химических связей. Потенциалы ионизации и сродство к электрону – М.: Наука – 1974. – 354 стр.

13. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – Москва : ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с. – ISBN 978-5-6049928-2-1.

УДК 631.372

ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ЦЕНТРА ДАВЛЕНИЙ ГУСЕНИЧНОГО ТРАКТОРА

Михеев А. В., кандидат технических наук, доцент

Васильев Д. А., аспирант

ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», г. Новочеркасск, РФ

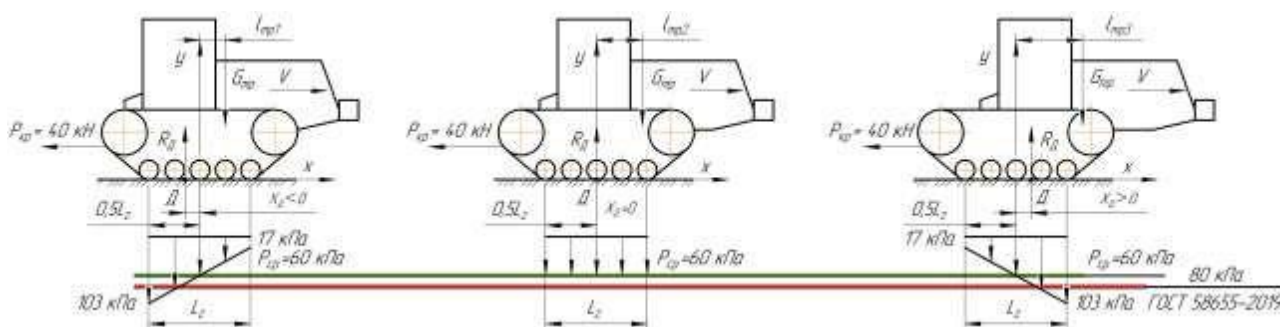
Аннотация. Давление гусеничного движителя на грунт может распределяться не равномерно, что увеличивает глубину уплотняемого слоя почвы, применение автоматической системы регулирования положения центра давления улучшает агроэкологические свойства гусеничного трактора.

Ключевые слова: уплотнение почвы, гусеничный трактор, центр давлений, эпюры давлений, система автоматического регулирования.

Одной из причин снижения плодородия почв является их переуплотнение движителями тракторов. Основным требованием к средствам механизации сельскохозяйственных работ является их щадящее воздействия на почву, определяемое ГОСТ 58655-2019. [2]

Уплотнение почвы гусеничным движителем и внешнее сопротивление перекачиванию во многом зависят от равномерности распределения давления по длине гусеницы (рис. 1). Наиболее рациональным является равномерный характер распределения. Одним из показателей, влияющих на распределение давления, является положение центра давления. [1, 3]

Обычно у сельскохозяйственных гусеничных тракторов при конструировании центр тяжести смещают вперед от середины опорной поверхности гусениц. Кроме того, для равномерного распределения эпюры давлений на грунт, на многих тракторах предусмотрена установка балласта спереди трактора (рис. 1).



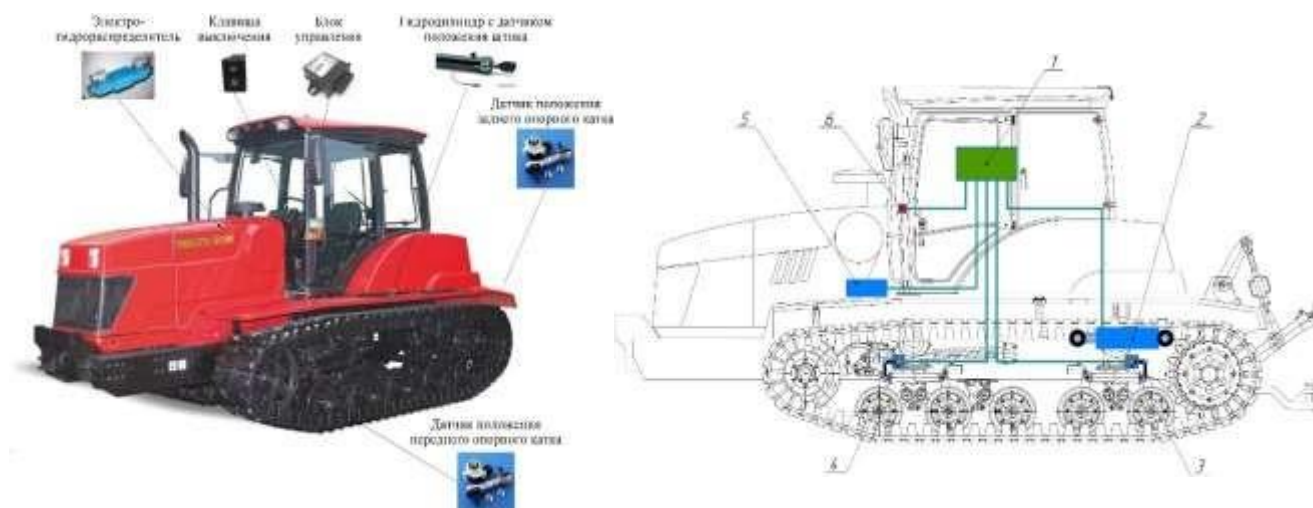
$P_{кр}$ – тяговое сопротивление на крюке; $G_{тр}$ – сила тяжести трактора; x_D – продольная координата положения центра давлений; R_D – суммарная реакция грунта на движитель; D – точка положения центра давлений; $l_{mp1}, l_{mp2}, l_{mp3}$ – расстояние от центра давлений до центра тяжести трактора

Рис. 1 - Характер эпюр давлений гусеничного трактора BELARUS-2103 на грунт в зависимости от положения центра давлений

В процессе работы трактора с тяговой нагрузкой наилучшей считают прямоугольную форму эпюры (рис. 1), так как в этом случае центр давления совпадает с серединой опорной поверхности гусеницы, а максимальное давление гусеницы на почву равно среднему давлению. При этом трактор наилучшим образом развивает свои тягово-сцепные свойства и оказывает минимальное вредное воздействие на почву. Во всех остальных случаях центр давления смещен, вследствие чего максимальное давление под опорными катками гусеницы может превышать допустимое значение 80 кПа по ГОСТ 58655-2019. [2, 4-8]

Для автоматического регулирования положения центра давлений трактора BELARUS-2103 необходимо установить на трактор следующие основные элементы (рис. 2): клавишу включения, выключения системы; блок управления; датчик положения штока гидроцилиндра перемещения остова трактора или гидроцилиндр со встроенным датчиком положения штока; датчики положения передних и задних опорных катков; электро-гидрораспределитель.

Коммутация элементов системы автоматического регулирования положения центра давлений трактора (ПЦДТ) выполняется следующим образом (рис. 2), клавиша включения, выключения системы, датчик положения штока гидроцилиндра, датчики положения переднего и заднего опорного катков, электромагниты гидрораспределителя подключаются к блоку управления.



1 - блок управления; 2 - датчик положения штока гидроцилиндра; 3 - датчик положения заднего опорного катка; 4 - датчик положения переднего опорного катка; 5 - электромагниты гидрораспределителя; 6 - кнопка выключения

Рис. 2 – Основные элементы и схема коммутации системы автоматического регулирования положения центра давлений трактора BELARUS-2103

Рабочий процесс системы автоматического регулирования ПЦДТ будет схож с работой системы динамического корректора угла наклона фар автомобиля. Поэтому в качестве датчиков положения переднего и заднего опорного катков можно использовать индуктивные датчики положения переднего и заднего моста автомобиля. Датчики устанавливаются на левый и правый передние и задние опорные катки трактора (4 шт.). Датчики крепятся к раме ходовой тележки и к рычагу балансирной каретки соответствующего опорного катка. Для защиты от механических повреждений необходимо предусмотреть защитные кожухи.

Блок управления также можно позаимствовать у автомобилей, но предварительно необходимо выполнить перепрошивку и настройку с обновленными параметрами или использовать иные контроллеры.

Алгоритм работы системы автоматического регулирования ПЦДТ (рис. 3) представляет собой циклический процесс запуск и остановка, которого производится с помощью клавиши включения и выключения.

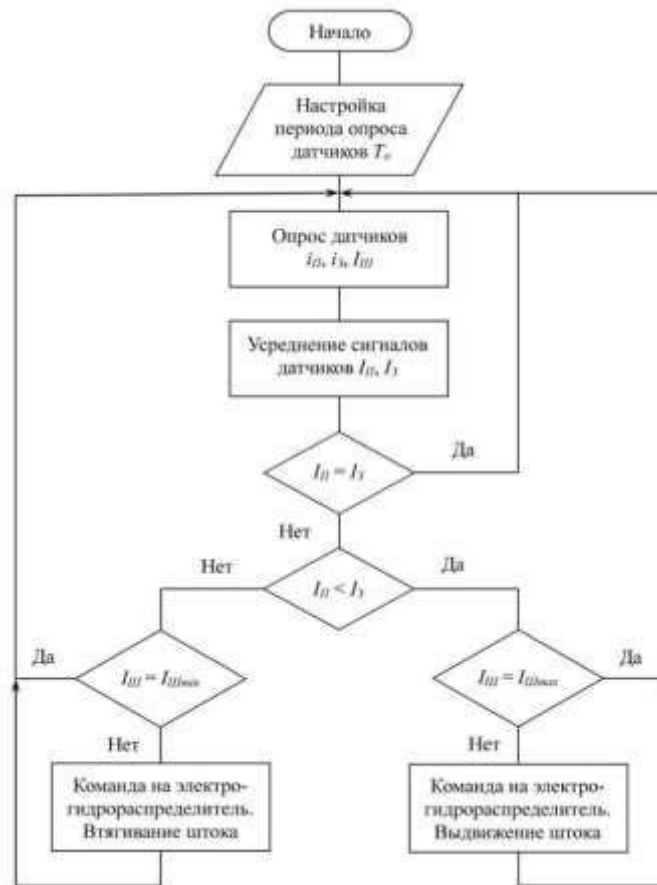


Рис. 3 – Алгоритм работы системы автоматического регулирования ПЦДТ

Рабочий процесс системы автоматического регулирования ПЦДТ заключается в следующем: система опрашивает датчики положения передних i_p и задних i_z опорных катков, а также датчики положения штоков $I_{ш}$ гидроцилиндров выдвижения остова трактора, а затем производится усреднение сигналов датчиков положения передних I_p и задних I_z опорных катков для того, чтобы исключить влияние фона, по которому перемещается трактор. В современных индуктивных датчиках динамической системы коррекции угла наклона фар автомобиля имеются встроенные контроллеры, усредняющие сигнал. Далее происходит сравнение сигналов датчиков с передних I_p и задних I_z опорных катков, если сигналы равны, то центр давлений находится на середине опорной поверхности гусениц и система никаких действий не выполняет. Опрос датчиков повторяется. Если же сигналы не равны, то происходит определение какой из сигналов преобладает.

В том случае если сигнал с переднего опорного катка меньше, то это означает, что центр давлений смещен назад и эпюра давлений движителя на грунт имеет форму трапеции. Тогда, система определяет возможность выдвижения штоков гидроцилиндров, сопоставив сигнал датчика положения штока $I_{ш}$ с максимальным его значением $I_{шmax}$. Если условие выполняется, то подается команда на электромагнит гидрораспределителя, золотник

перемещается, обеспечивая поток масла в поршневую полость гидроцилиндров и штоки выдвигается, перемещая остов трактора вперед, до совпадения сигналов датчиков передних и задних опорных катков. Таким образом происходит смещение координаты центра давлений к середине опорной поверхности гусениц трактора. Когда штоки гидроцилиндров выдвинуты до конца система не подает команду на выдвижение и опрос датчиков продолжается.

В том случае если сигнал с переднего опорного катка больше, то это означает, что центр давлений смещен вперед и эпюра давлений движителя на грунт также имеет форму трапеции. Тогда система определяет возможность втягивания штоков гидроцилиндров, сопоставив сигнал датчика положения штока $I_{ш}$ с минимальным его значением $I_{шmin}$. Если условие выполняется, то подается команда на электромагнит гидрораспределителя, золотник перемещается, обеспечивая поток масла в штоковую полость гидроцилиндров и штоки втягиваются, перемещая остов трактора назад, до совпадения сигналов датчиков передних и задних опорных катков. Таким образом происходит смещение координаты центра давлений к середине опорной поверхности гусениц. Когда штоки втянуты до конца система не подает команду на втягивание и опрос датчиков продолжается.

Применение предлагаемой системы автоматического регулирования ПЦДТ позволит обеспечить равномерное распределение давления гусеничного движителя по всей его опорной части, что приведет к снижению максимального удельного давления на грунт, уменьшению сопротивления перемещения гусениц и повышению агроэкологических свойств гусеничного трактора.

Библиографический список

1. Ворохобин А.В., Коржов С.И. Повышение эксплуатационных свойств гусеничного трактора регулированием положения центра тяжести:.. - Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2018. № 4 (59). С. 113-120.
2. ГОСТ 58655-2019. Библиографическая ссылка. Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия движителей на почву. – Введ. 2020-08-01.– М. : Стандартинформ, 2019. – 6 с.
3. Перегудов Н.Е., Безрядин А.С. Определение смещения центра давления гусеничного трактора и распределения весовой нагрузки по каткам движителя. - Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 50201350217. Заявка № И130115132033 от 11.01.2013.
4. Поливаев О. И., Гребнев В. П., Ворохобин А. В. Теория трактора и автомобиля [Электронный ресурс]:. - Санкт- Петербург: Лань, 2022. - 232 с.

5. Поливаев О. И., Костиков О. М., Ворохобин А. В., Ведринский О. С. Конструкция тракторов и автомобилей [Электронный ресурс]:. - Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 288 с.

6. Уханов А. П., Уханов Д. А. Конструкция автомобилей и тракторов [Электронный ресурс]: учебник для вузов. - Санкт -Петербург: Лань, 2023. - 200 с.

7. Шарипов В. М. Конструирование и расчет тракторов [Электронный ресурс] : учебник для вузов. - Москва: Машиностроение, 2022. - 752 с.

8. Карапетян, М. А. Повышение эффективности технологических процессов путём уменьшения уплотнения почв ходовыми системами сельскохозяйственных тракторов : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Карапетян Мартик Аршалуйсович. – Москва, 2010. – 305 с.

СЕКЦИЯ: «ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА»

УДК 004.9

ИГРОВЫЕ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Анашин Д. В., заведующий методическим кабинетом

*Российский государственный аграрный университет – МСХА имени
К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ*

Аннотация. Рассмотрены игровые формы обучения студентов для интенсификации сельскохозяйственного производства.

Ключевые слова: обучение студентов, сельскохозяйственное производство, программное обеспечение, искусственный интеллект, управление, контроль.

Сельскохозяйственное производство – неотъемлемая часть хозяйственной деятельности на протяжении всего исторического времени человека. Долгое время оно имело исторически сложившиеся, практически неизменные формы. Однако, индустриализация и техническая революция человечества отразилась и на сельском хозяйстве. Первая техническая революция механизировала и заменила мускульную силу в производстве. Паровая машина преобразовала все виды деятельности человека, в т.ч. и в сельское хозяйство. Вторая, произошедшая в XX веке научно-техническая революция, в значительной степени связана с развитием электроники и появлением вычислительных машин. Первая техническая революция затрагивала в основном материальные и энергетические стороны производства, тогда как вторая техническая революция акцентируется на информационной составляющей. Современное сельское хозяйство неразрывно связано с разнообразной автоматикой и использованием вычислительных средств в сельскохозяйственном производстве, в том числе в классических (тракторы и автомобили) и новых видах техники (робототехника).

Использование автоматизации в с/х производстве в сравнении с промышленным производством в чем-то близко, а в чем-то имеет свои особенности. К особенностям следует отнести то, что с/х производство имеет дело не только с техникой, но и с живыми объектами и почвой. К особенностям также надо отнести рассредоточенность управляемых объектов на значительные расстояния, возможные в силу ряда причин перебои с энергоснабжением и связью. Также существенное влияние на технику оказывают природные

факторы, такие как перепады температуры, порывы ветра, дождь и снег, что в значительной мере формирует неоднородные и случайные возмущающие воздействия. Производственные процессы в сельском хозяйстве можно разделить на два класса: полеводство и животноводство. При таком разделении также есть свои особенности при автоматизации техники и технологических процессов. Тем не менее, существуют одинаковые требования, предъявляемые к средствам автоматики: надежность; ремонтпригодность; унификация элементной базы; устойчивость к климатическим воздействиям; простота в обслуживании.

В зависимости от функций, выполняемых автоматическими устройствами в сельском хозяйстве, можно выделить: контроль; защита; дистанционное и автоматическое управление. Неотъемлемой частью автоматики является сбор и обработка информации. Обработка информации на сегодняшний день осуществляется с использованием цифровой вычислительной техники, построенной на основе двоичной системы счисления.

Реальностью сегодняшнего дня является потребность в качественном изменении в отношении к сельскохозяйственному производству, выраженному в стремлении существенного увеличения производительности труда сельхозработников, увеличения объемов, снижение себестоимости и повышения качества выпускаемой продукции. Выполнение таких высоких требований возможно только при цифровизации технологических процессов, что нашло свое отражение в концепции «цифровое сельское хозяйство», разработанной совместно министерствами сельского хозяйства, министерством цифрового развития, министерством науки и высшего образования и российской академией наук. Данная концепция соответствует Указу Президента РФ от 9 мая 2017 г. № 203 «О стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы.

Целью цифровизации сельского хозяйства является достижение существенного прироста эффективности и устойчивости его функционирования за счет кардинальных изменений в качестве управления, как технологическими процессами, так и процессами принятия решений на всех уровнях, основанных на современных способах производства и использования информации о состоянии составляющих элементов и подсистем, а также состояний экономического окружения сельского хозяйства. Тенденции развития сельскохозяйственного производства на разных уровнях: поле, хозяйство, субъект РФ должно привести к развитию следующих направлений: умная техника (в т.ч. умные тракторы), умная теплица, умная ферма, умный сад, умное поле.

Повышение качества производимой сельскохозяйственной продукции и улучшение собираемости налогов государством призвана осуществить система контроля, построенная на технологии блокчейн: технологии, которая окажет наибольшее влияние в ближайшие десятилетия. Блокчейн - это цепочка блоков транзакций. Эта технология является эволюционным развитием интернета. Цифровые активы собраны не в одном месте, а они распределены по глобальному реестру с помощью криптографии высшего уровня. Когда операция произведена, запись об этом появляется одновременно на тысячах компьютеров. Каждый небольшой интервал времени создаётся новый блок, хранящий информацию об операциях за это время. Потом последний блок соединяется с предыдущим блоком и с ещё более ранним блоком, создавая цепочку блоков. Вертикально выстроенные защищенные информационные цепочки позволяют проследить историю товара от производителя до потребителя, движение товара возможно осуществить за меньшее время и снизить себестоимость товара.

Все большее значение для решения технологических и социальных задач в сельском хозяйстве играет робототехника. Роботы в сельском хозяйстве должны заменить малоквалифицированный тяжелый труд человека. Примерами использования роботов в сельском хозяйстве могут служить роботизированные тракторы, роботы- сортировщики, роботы- кормораздатчики, роботы-уборщики навоза, роботы- дояры.

Среди проблем, существующих при интенсификации сельскохозяйственного производства следует отметить недостаточное развитие в сельской местности цифровой инфраструктуры и дефицит квалифицированных кадров. По данным Минсельхоза России, сегодня в России агросектору необходимо порядка 90 тысяч высококвалифицированных специалистов. Поиск новых форм в расширении, углублении и интенсификации обучения студентов, сегодня как никогда актуален.

В методическом кабинете кафедры «Тракторы и автомобили» института механики и энергетики им. В.П. Горячкина Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева» была разработана игровая форма тестирования при обучении студентов.

Предлагаемый учебный комплекс Тест-Квест предназначен для промежуточного контроля знаний по пройденным темам. Учебный комплекс Тест-Квест разработан с учетом рекомендаций психологов, отмечающих расположенность сегодняшней молодежи к игровым формам и электронным техническим средствам.

В предлагаемом электронном решении тестирования обучающихся предусмотрено 2 поля на экране: игровое, выполненное в виде игры-ходилки, в которой может принимать участие либо один, либо два человека и, второе поле, на котором представлен банк вопросов и ответов.

В ходе игры каждый участник игры должен контролировать друг друга в правильности ответа.

По ходу игры игроки попадают на поле вопроса. При правильном ответе игрок продолжает движение, при неправильном - штрафуются и пропускают ход. Активный игрок проверяет свои знания, другой игрок – пассивно повторяет пройденный материал.

Кубик игрового поля выпадает в случайном порядке, изображая 3, 4, 5 и - 1, что имитирует оценки обучения и подразумевает на уровне подсознания стремление к более высоким баллам.

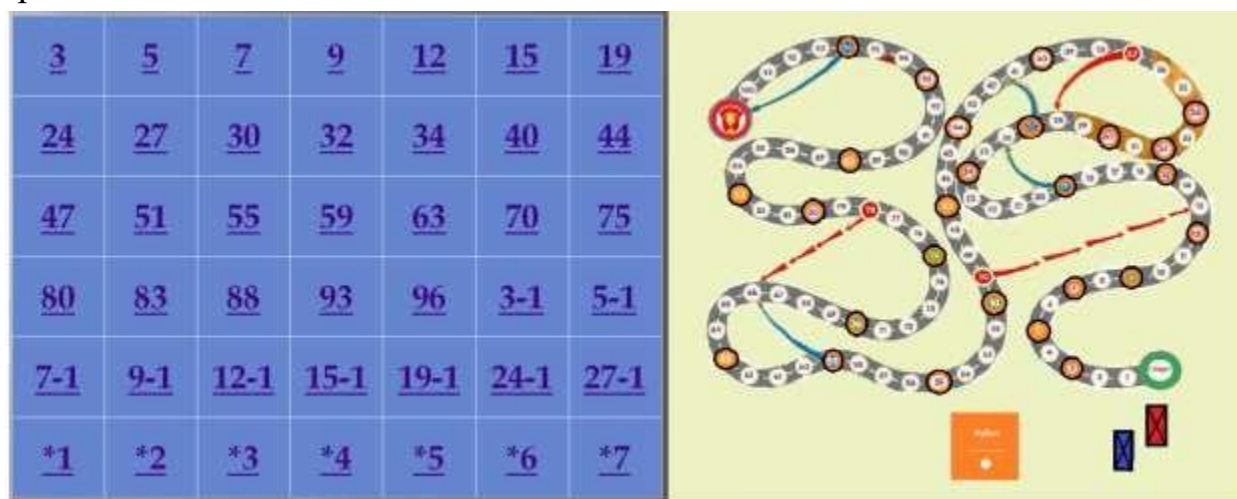


Рис. 1 – Алгоритм работы системы

Тест-Квест развивает мышление, память и тренирует внимание. Игроки получают заряд хорошего настроения и полтора часа полезной организации своего времени.

Библиографический список

1. Анашин Д.В., Меликов А.В. Система проверки знаний (Тест-Квест) Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2021668626, 18.11.2021.
2. Андреев С.А., Бородин И.Ф. Автоматизация технологических процессов и системы автоматического управления. Учебник / Сер. 60 Бакалавр. Прикладной курс. (2-е изд., испр. и доп) Москва, 2018. - 352 с.
3. Сергованцев В.Т. Информация. Сущность и цели. - Сборник научных докладов ВИМ. Т.2. - 2012. - С. 315-323.
4. Трухачев В.И., Дидманидзе О.Н., Девянин С.Н., Пуляев Н.Н. Оценка технического состояния машины по данным ее системы управления. В сборнике: Чтения академика В.Н. Болтинского. Семинар. Москва, 2021. С. 10-19.

5. Al-Gunaid M.A., Shcherbakov M.V., Zadiran K.S., Melikov A.V. A survey of fuzzy cognitive maps forecasting methods. В сборнике: 2017 8th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications, IISA 2017. 8. 2018. С. 1-6.

6. Москвичев Д.А., Виноградов О.В. Особенности метода технического обслуживания модульных транспортных средств. Техничко-технологические проблемы сервиса. 2019. № 2 (48). С. 17-19.

7. Овсянникова, Е. А. Проектный метод обучения на примере дисциплины «Монтаж электрооборудования и средств автоматизации» / Е. А. Овсянникова // Дистанционное обучение: методы и приемы : Сборник статей / Отв. редактор И.С. Юхнова. – Нижний Новгород : Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 2020. – С. 199-204.

УДК 004.92

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СБОРОЧНОГО ЧЕРТЕЖА

Волкова С. Н., к.т.н., доцент,

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ

Аннотация. В статье определены способы выполнения сборочного чертежа узла, выделен способ выполнения с использованием возможностей графической программы КОМПАС, как наиболее удобной и доступной для студенческого проектирования.

Ключевые слова: сборочный чертеж, детализовочный чертеж, узел, графическая программа КОМПАС, цифровизация.

Темы «Сборочный чертеж», «Детализовочный чертеж» курса инженерной и компьютерной графики являются одними из основных в последующей инженерной деятельности профильных направлений: «Строительство», «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», «Электроэнергетика и электротехника», «Теплоэнергетика и теплотехника» и многих других.

Данные темы являются, как правило, завершающими в курсе «Инженерной и компьютерной графики», так как аккумулируют в себе все знания, полученные студентами с начала изучения курса. Только основательно изучив правила

оформление чертежей (форматы, масштабы, линии, геометрические построения, нанесение размеров); построение изображений: видов, разрезов, сечений; графическое обозначение материалов; условное изображение и обозначение резьбы на стержне и в отверстиях деталей; крепежные изделия; разъемные и неразъемные соединения, а также темы начертательной геометрии: поверхности, пересечение поверхностей, студенты могут приступить к чтению и выполнению сборочных и деталировочных чертежей.

Задания по этой теме помогают выполнить основную задачу курса — усвоить основы чтения и выполнения чертежа, анализ форм и правильную передачу изображаемых объектов на чертеже, побуждают студентов активно пользоваться нормативной и справочной литературой.

Нередко задания по теме «Сборочный чертеж» используют в олимпиадах по инженерной и компьютерной графике, что также показывает значимость данной темы в процессе изучения курса.

Сборочный чертеж – это конструкторский документ, содержащий изображение изделия (сборочной единицы) и другие данные, необходимые для его сборки (изготовления) и контроля.

Сборочный чертеж должен содержать [1]:

- изображение сборочной единицы;
- необходимые размеры;
- номера позиций;
- технические требования;
- техническую характеристику изделия (при необходимости);
- спецификацию [2].

В качестве задания по теме «Сборочный чертеж» студентам может быть предложен узел, состоящий минимум из пяти нестандартных деталей, с обязательным соединением на резьбе (рис.1). Выполнять задание можно в нескольких вариантах:

- разработать эскизы на каждую деталь на миллиметровой бумаге от руки и в глазомерном масштабе, выполнить сборочный чертеж с использованием чертежных инструментов и масштаба, составить спецификацию;

- выполнить чертежи деталей, входящих в узел, выполнить сборочный чертеж и спецификацию, используя средства компьютерной графики, например, графическую систему КОМПАС в качестве «электронного кульмана»;

- выполнить чертежи деталей, сборочный чертеж с использованием моделирования в графической среде КОМПАС и составлением последующих ассоциативных чертежей, заполнить спецификацию.

Несмотря на активное и правомерное использование в последнее время средств компьютерной графики, первый вариант выполнения сборочного

чертежа все еще актуально выполнять в учебных целях, так как студент – будущий инженер, должен уметь выполнять чертежи традиционным образом с помощью чертежных инструментов. Работа с эскизами, как временными документами, может понадобиться в дальнейшей профессиональной деятельности в рамках быстрого оформления рационализаторской мысли, внесения небольших изменений в процессе изготовления детали и др.

Второй способ выполнения сборочного чертежа актуален в случае нехватки учебного времени, отведенного на долю изучения компьютерной графики, в частности раздела моделирования. Как показывает практика, в ряде проектных организаций, например, строительных, инженер активно использует навыки плоских построений в графических компьютерных продуктах без учета моделирования.

И, наконец, третий вариант выполнения сборочного чертежа, безусловно, является самым удобным и методически грамотным при разработке и проектировании сборочного узла, т. к. именно программа КОМПАС имеет быстрый и необходимый инструментарий при выполнении чертежей данного вида.

Выполнение сборочного чертежа узла с использованием компьютерной графической программы КОМПАС подразделяется на несколько этапов [3]:

- создание электронных моделей деталей узла;
- создание ассоциативных чертежей деталей по подготовленным моделям;
- сборка модели узла в 3D (рис.2);
- выполнение ассоциативного чертежа технического устройства;
- заполнение спецификации изделия.



Рис. 1 – Исходный сборочный узел (задание).

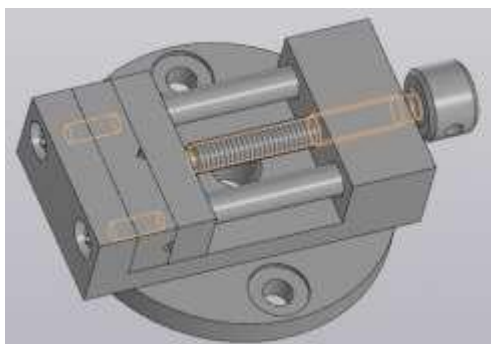


Рис. 2 – Модель сборочного узла, выполненная в графической системе КОМПАС.

Создание трехмерных моделей сборочного узла может быть осуществлено тремя способами [4]:

- 1) цифровое проектирование «снизу вверх» (от простого к сложному или от частного к общему);
- 2) цифровое проектирование «сверху вниз»;
- 3) смешанный способ цифрового проектирования.

При цифровом проектировании «снизу вверх» уже существующие компоненты последовательно добавляются в сборку с последующей установкой параметрических связей между ними. Достоинством такого способа является реальная проработка всего процесса сборки изделия. Недостаток в том, что при моделировании отдельных компонентов необходимо точно представлять их взаимное расположение и ориентированность изделия в целом, вычислять размеры сопрягаемых компонентов.

При цифровом проектировании «сверху вниз» моделирование компонентов происходит непосредственно в самой сборке. Достоинство такого способа в том, что он позволяет автоматически определять параметры и форму взаимосвязанных компонентов, упрощая работу над ними. Недостаток - потеря представления о реальном процессе сборки, т.к. достаточно сложно помнить конструкцию всего механизма.

При смешанном способе цифрового проектирования перечисленные выше способы комбинируются. В сборку добавляют готовые модели определяющих компонентов и стандартных изделий, а оставшиеся компоненты создаются в рабочем пространстве сборки.

Система КОМПАС-3D располагает широкими возможностями создания и редактирования трёхмерных моделей самых сложных конструкций. Процесс моделирования аналогичен технологическому процессу изготовления изделия. По выполненным моделям деталей выполняются их ассоциативные чертежи.

Ассоциативный чертеж – чертеж, разработанный на основе 3D-модели, связанный с ней и сформированный в соответствии с требованиями стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Система КОМПАС автоматически создает ассоциативные виды трехмерных моделей. При изменении формы или размеров модели изменяется изображение на всех связанных с ней ассоциативных видах. Применяя соответствующие инструменты можно получить все типы разрезов, местные виды, сечения и т. д. Данные, имеющиеся на чертеже (масса, наименование, обозначения) соотносятся с данными из 3D-модели.

Осуществляя виртуальную сборку нескольких деталей в сборочную единицу, пользователь может временно отключить изображение какой-либо детали, выполнить любой сложный разрез и др.

Редактор спецификаций позволяет настраивать ассоциативную связь между документацией и объектами сборочного чертежа или частями сборки. Каждая отметка в спецификации автоматически изменяется при определенных изменениях связанного с ней объекта. Также в системе имеется автоматическое отслеживание удаленного объекта в связке и возможность изменения геометрических размеров.

КОМПАС располагает широкими возможностями параметризации, которые могут быть применены и к объемному моделированию.

При оформлении чертежей деталей и узла в поле чертежа можно вставлять рисунки, текст, таблицы. Это позволяет использовать программу в различных целях.

Таким образом российская компьютерная графическая программа КОМПАС помогает конструктору и проектировщику воплощать различные технические идеи в реальность. Сегодня для любого производителя крайне важно иметь полноценную цифровую копию продукции - причем как заготовки, так и уже готового изделия. 3D модель детали требуется для проведения различных работ, например, на её основе разрабатывают управляющие программы для оборудования с ЧПУ, её используют для проектирования технологической оснастки, для внесения правок в конструкцию, обновление конструкторской документации.

Применение моделирования в графической среде КОМПАС при разработке сборочного чертежа позволяет студентам быстро переходить от объемной модели к плоскому чертежу, тем самым развивая их пространственное воображение, упрочняя и закрепляя навыки представления пространственных форм на плоскости, успешным образом решая тем самым одну из основных задач инженерной графики.

Цифровизация процесса проектирования сборочного чертежа позволяет студентам не только лучше усвоить учебный материал данной темы и значительно сократить время на выполнение большого объема чертежей, но и получить крепкие профессиональные навыки и стать уверенным пользователем современных графических компьютерных программ.

Библиографический список

1. ГОСТ 2.109-73 Единая система конструкторской документации. Основные требования к чертежам: Межгосударственный стандарт: дата введения 1974-07-01. – Изд. официальное. – М.: Стандартинформ, 2011.

2. Дятлов, М. Н. Выполнение и редактирование спецификаций сборочных чертежей в современных графических системах проектирования / М. Н. Дятлов, А. И. Ислямгалиев, Д. Ю. Брагин, А. В. Лебедев. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2015. — № 6 (86). — С. 155-157. — URL: <https://moluch.ru/archive/86/16412/> (дата обращения: 10.12.2023).

3. Волкова С.Н. Руководство по выполнению сборочного чертежа узла в графической системе КОМПАС. Саранск, 2022 [Номер государственной регистрации обязательного экземпляра электронного издания – 0322202044]. - 61 с.

4. Сторчак, Н. А. Выполнение сборочных чертежей. Компьютерное моделирование сборок : учеб. пособие / Н. А. Сторчак, А. В. Синьков, Т. А. Ильина ; ВПИ (филиал) ВолгГТУ. – Волгоград, 2010. – 120 с.

УДК 378.14

РЕАЛИЗАЦИЯ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ

*Пастухов А. Г., д.т.н., профессор, профессор кафедры технической механики и конструирования машин,
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, г. Белгород, РФ*

Аннотация. В статье представлен опыт реализации дистанционного обучения студентов направления «Агроинженерия» (бакалавриат, магистратура) на основе системы электронной поддержки учебных курсов на примере дисциплин «Основы научных исследований» и «Прочностное обеспечение надежности СХТ».

Ключевые слова: дистанционное обучение, электронные источники, подготовка материала, система оценки, контроль знаний.

Введение. Реализация дистанционной технологии организуется как отложенное во времени, так и в реальном времени взаимодействие обучающегося с педагогическим работником посредством электронных систем и технических средств, при котором обучающийся самостоятельно выполняет задания в целях освоения учебных курсов, предусмотренных образовательной программой [1].

Цель и задачи исследования – описание организации и методики обучения студентов по направлению «Агроинженерия» в условиях дистанционного обучения.

Условия, материалы и методы исследования. Использованы результаты и методика организации учебного процесса в Белгородском государственном аграрном университете им. В.Я. Горина на кафедре технической механики и конструирования машин [2]. Основу анализа достоинств и недостатков такой организации составляет двухлетний опыт ведения упомянутых учебных курсов.

Результаты исследования. Под системой электронного обучения в вузе подразумевается сопровождение всех этапов учебного процесса, в частности: проведение лекций, практических занятий и онлайн консультаций, контроль посещаемости и выполнения практических заданий, формирование рубежного, текущего и итогового рейтинга, проведение промежуточной аттестации виде зачета [3]. Система электронного обучения позволяет в режиме реального времени в течение периода обучения по дисциплине осуществлять выдачу и прием контрольных заданий, при этом обучаемые находятся на дистанционном режиме обучения. Общая структура дисциплины состоит из блоков: программный (объявления и данные преподавателя), обратная связь (консультации, онлайн учебный зал), учебно-практический (тематика и содержание модулей, лекций лабораторных и практических занятий), итоговое тестирование и рейтинг (виды рейтинга), дополнительные материалы (список литературы, вопросы на зачет и др.).

Общий вид страницы в системе электронной поддержки учебных курсов представлен на рисунке 1. Первоначально по дисциплине формируется технологическая карта на странице дисциплины, в которой указываются перечень тем лекций и практических занятий с конкретной балльной оценкой исходя из общей суммы в 100 баллов на основе положений Балльно-рейтинговой системы.

Прочностное обеспечение надежности сельскохозяйственной техники

Введение / Мои курсы / Прочностное обеспечение надежности сельскохозяйственной техники

Программный блок

В данном блоке представлена информация о курсе и преподавателе - ФГОС, как указано

- Преподаватели курса и обратная связь с ними
- Объявления

Обратная связь

Внимательно читайте ГРАФИК КОНТРОЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ (согласно своей форме обучения), в котором подробно изложены план изучения дисциплины - исключительность изучения теоретического материала, какие задания необходимо выполнять и в какой срок, необходимое количество баллов для положительной оценки, условия допуска к экзамену.

В данном блоке размещены онлайн-элементы для общения с преподавателем по общим вопросам курса, в ресурсе ЧАТ "Лекции консультативы" можно проконсультироваться в режиме онлайн по общим вопросам курса, время подключения - согласно расписанию (румя) (тайминг). Обратите внимание на ссылку на онлайн-лекции, по которой будут проводиться виртуальные лекции согласно расписанию. Для участия необходимо создать приложение Microsoft Teams (загляните инструкцию в ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ РЕСУРС ДЛЯ СТУДЕНТОВ)

- График контрольных мероприятий для студентов ОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ
- График контрольных мероприятий для студентов ЗАОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ
- КОНСУЛЬТАЦИЯ ПО ОБЩИМ ВОПРОСАМ КУРСА согласно графику кафедры.

Активация Windows
Чтобы активировать Windows, перейдите

Учебно-практический блок

В данном блоке размещены учебно-практические комплекты, лекции, лабораторно-практические задания и тестирование по модулю. Вам необходимо последовательно изучить лекционный материал, выполнить лабораторно-практические задания, пройти тестирование, получить баллы изученной дисциплины. Внимательно читайте лекции. Для навигации по теме используйте кнопку ДАННОЕ. После прохождения открывается режим завершенной выполненной. Внимательно изучите лабораторно-практические задания, изучите условия задания, выполните его и разместите ответ на странице задания. После размещения ответа активируется режим завершенной выполненной. Оценка за правильный ответ - 1 балл. После изучения лекций в ТТ2 переходите к прохождению тестирования по модулю. Обратите внимание на ограничения по количеству и времени прохождения. После тестирования открывается режим завершенной выполненной, индивидуальный оценочный балл - 20.

Модуль 1. Критерии прочности и пластичности. Прочностная надежность

- Лекция 1. Критерии прочности и пластичности. Прочностная надежность
 - Лекция 1. Критерии прочности и пластичности. Прочностная надежность ВСТРОЕННЫЙ ТЕСТ
 - Контроль работы с Лекция 1. Критерии прочности и пластичности. Прочностная надежность
 - Практическое задание 1. Анализ процессов деформации и разрушения
- Лекция 2. Механика крутого разрушения тел при наличии трещин. Детерминированные и статистические расчеты на прочность
 - Контроль работы с Лекция 2. Механика крутого разрушения тел при наличии трещин. Детерминированные и статистические расчеты на прочность
 - Практическое задание 2. Методы оценки сопротивления разрушению по критериям вязкости разрушения
- Лекция 3. Основные характеристики надежности
 - Контроль работы с Лекция 3. Основные характеристики надежности
 - Практическое задание 3. Влияние волеизъявления параметров технологии на процесс деформации и разрушения материалов
- Лекция 4. Основные положения и алгоритмы расчета вероятности внезапных крутих разрушений деталей с трещинами
 - Контроль работы с Лекция 4. Основные положения и алгоритмы расчета вероятности внезапных крутих разрушений деталей с трещинами
 - Практическое задание 4. Общие закономерности в области разрушения материалов

Активация Windows

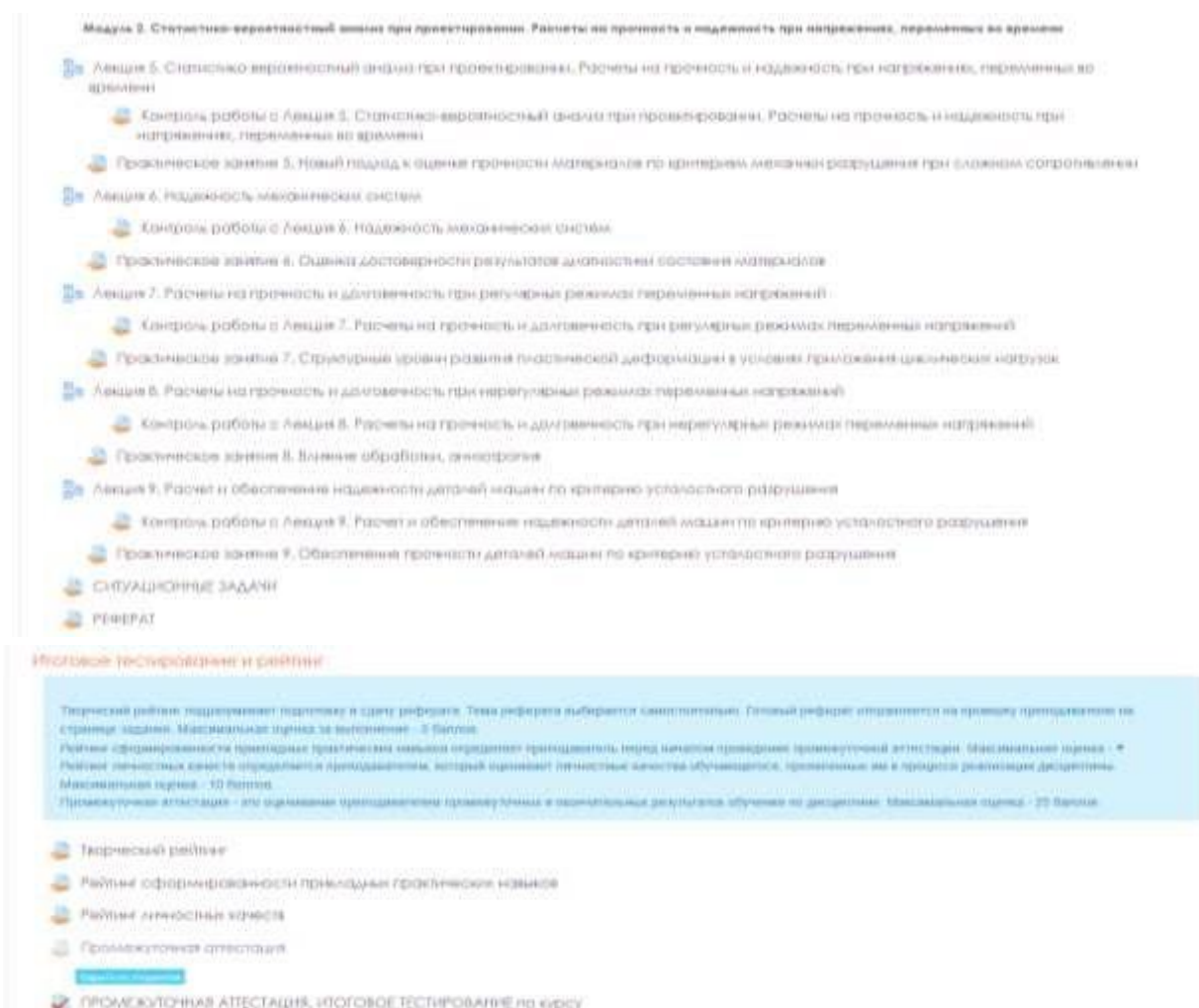


Рис. 1 – Общий вид рабочей страницы дисциплины в электронной системе

Общение с обучающимися осуществляется в диалоговом режиме: преподаватель начитывает материал на лекциях в виде презентаций, организует размещение учебного материала в электронной системе для самостоятельной проработки и осуществляет ее контроль; в процессе практических занятий преподаватель вводит в курс темы, кратко информирует об основных тематических особенностях учебного материала, размещенного в электронной системе, и ставит задачу выполнения практического задания, итоговая часть которого должна быть загружена обучающимися в систему для последующей проверки и оценки. На протяжении периода изучения дисциплины в виде семестра или определенного календарного срока путем суммирования отдельных оценок по лекциям и практическим и/или лабораторным занятиям формируется рубежный рейтинг в пределах оценки (min, max) от 31 до 60 баллов. Для обеспечения данного рейтинга преподаватель систематически проверяет контрольные задания и выставляет оценки с комментариями.

В процессе учебы обучающийся проявляет творческие способности при выполнении практических заданий и участвует в научно-практических студенческих конференциях, что оценивается преподавателем дополнительно творческим рейтингом от 2 до 5 баллов. Добросовестность и усидчивость при обучении студента проявляется в высоком уровне посещаемости занятий в виде видео-конференц-связи, что также оценивается преподавателем дополнительно в виде рейтинга личностных качеств от 3 до 10 баллов. В итоге обучения по курсу перед проведением промежуточной аттестации на основе суммирования всех текущих оценок формируется текущий рейтинг студента по изучению дисциплины в пределах от 36 до 75 баллов.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачет-теста, программируемого в электронной системе. Зачет-тест оценивается в пределах от 15 до 25 баллов и содержит тесты различных видов: вопрос множественный выбор – студенту предлагается выбрать ответ из множества вариантов (как один верный, так и много); вопрос короткий ответ – студенту необходимо впечатать пропущенное слово; вопрос верное/неверное утверждение – студенту необходимо подтвердить или опровергнуть предложение; числовой – в качестве ответа необходимо указать число; вопрос на сопоставление – студент должен установить соответствие между парами значений. Зачет-тест программируется установлением логического условия на его открытие при достижении студентом текущего рейтинга в 36 и более баллов. В случае более низкого значения текущего рейтинга (менее 36 баллов) тест-зачет не открывается, и студент не допускается к промежуточной аттестации по причине невыполнения текущих заданий по дисциплине. В заключение учебного процесса по дисциплине студент получает итоговый суммарный рейтинг в пределах от 51 до 100 баллов, что позволяет проставить ему в зачетную ведомость и зачетную книжку отметку «зачтено».

На основании практического опыта проведения учебных занятий по описанной балльно-рейтинговой системе с реализацией в электронной системе обучения по направлениям подготовки 35.03.06 Агроинженерия (бакалавриат) – дисциплина «Основы научных исследований» и 35.04.06 Агроинженерия (магистратура) – дисциплина «Прочностное обеспечение надежности СХТ» следует отметить ряд достоинств и недостатков.

К основным достоинствам использования системы электронного обучения отнесем следующие моменты: очевидная прозрачность учебного курса как по учебным материалам, так и по формам и требованиям контроля, с начала обучения до его окончания; существенное удобство в организации учебного процесса по конкретной дисциплине на основе внутреннего программирования представления материала, постановки заданий и их оценок; возможность установления внутренних системных ограничений по датам и оценкам для различных действий

(изучение учебного материала, загрузка выполненного задания, тестирование и др.) в учебном процессе; отсутствие привязки студента к посещению аудиторного или онлайн занятия (по уважительной причине) при наличии возможности самостоятельного изучения учебного материала, выполнения и загрузки контрольного задания в систему для проверки; визуальная доступность для студента выставленных оценок и видов рейтингов с учетом реализации балльно-рейтинговой системы обучения; сохранение любых действия в электронной системе, выполненных участниками учебного процесса.

В качестве основных недостатков использования системы электронного обучения приведем следующие: зависимость электронной системы от добросовестности студента при загрузке выполненных заданий в поздний момент, близкий к промежуточной аттестации; высокая трудоемкость проверки контрольных заданий, загруженных не в течение семестра, а единовременно, перед промежуточной аттестацией; отрицательное влияние отсутствия учебной дисциплины у студентов на ритм работы электронной системы [4-5].

Выводы. Опыт показал, что применение системы дистанционного обучения следует признать как вынужденную меру в условиях чрезвычайных ситуаций, но не как альтернативу аудиторному обучению на материально-технической базе.

Библиографический список

1. Постановление Правительства РФ от 11 октября 2023 г. N 1678 «Об утверждении Правил применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ».

2. Пастухов, А.Г. Совершенствование образовательного процесса в агроинженерии / А.Г. Пастухов // Неделя Науки 2023: Материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов и молодых ученых, Нижний Новгород, 13–16 июня 2023 года. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный агротехнологический университет, 2023. – С. 51-57. – EDN VVHORU.

3. Тимашов, Е.П. Возможности электронных технологий обучения / Е.П. Тимашов // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке: Материалы XXVII Международной научно-производственной конференции, Майский, 12 апреля 2023 года. Том 1. – Майский: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2023. – С. 380-381. – EDN IJGTGA.

4. Жалнин, Э.В. Аксиоматизация земледельческой механики как методология научно-исследовательской деятельности: учебник / Э.В. Жалнин, А.Г. Пастухов, Д.Н. Бахарев. – Белгород: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2023. – 262 с. – EDN QRXASA.

5. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – Москва : ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с. – ISBN 978-5-6049928-2-1. – EDN RSFSFK.

6. Овсянникова, Е. А. Проектный метод обучения на примере дисциплины «Монтаж электрооборудования и средств автоматизации» / Е. А. Овсянникова // Дистанционное обучение: методы и приемы : Сборник статей / Отв. редактор И.С. Юхнова. – Нижний Новгород : Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 2020. – С. 199-204. – EDN OJNMGQ.

УДК 378.147

МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГРАФИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Медведева М. А., студентка

Научный руководитель: Чепурина Е. Л., д.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Инженерная и компьютерная графика»

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ

Аннотация. Основой инженерного образования является умение составлять конструкторскую документацию и читать чертежи, поэтому в высших учебных заведениях технического направления уделяется большое внимание графической подготовке, в которую входят такие дисциплины как «Начертательная геометрия», «Инженерная графика», «Инженерная и компьютерная графика» и «Компьютерное проектирование». Профессиональные компетенции этих дисциплин предусматривают освоение студентами цифровых технологий связанных с компьютерной графикой.

Ключевые слова: компьютерное проектирование, автоматизированное проектирование, 3-D печать, 3-D сканирование.

В настоящее время цифровые технологии активно внедряются в учебный процесс по всем общеобразовательным дисциплинам.

Цифровые технологии в графических дисциплинах подразумевают создание, передачу, редактирование и хранение графической информации в электронном виде. Таким образом, студенты, начиная с первого курса, приобретают компетенции использования цифровых информационных технологий при создании электронных геометрических моделей объектов.

На кафедре инженерной и компьютерной графики РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева основными дисциплинами, которые изучают студенты являются: начертательная геометрия, инженерная графика, компьютерное проектирование (рисунок 1).

Инженерная графика – теоретическая учебная дисциплина, регламентирующая правила организации структуры данных при выполнении электронной конструкторской документации в соответствии с современными стандартами.

Компьютерное проектирование – практическая учебная дисциплина, включающая занятия в компьютерных классах с использованием систем автоматизированного проектирования.

В рамках дисциплины «Компьютерное проектирование» для выполнения чертежей с помощью систем автоматизированного проектирования применяется программный продукт – Компас-3D.



Рис. 1 – Дисциплины, преподаваемые на кафедре инженерной и компьютерной графики РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Применение в учебном процессе системы автоматизированного проектирования Компас-3D, позволило создать цифровые прототипы промышленных изделий и обеспечить полный цикл проектирования и выполнения конструкторской документации, что улучшило содержание графической подготовки студентов.

Современные программные решения позволяют моделировать трехмерные объекты практически любой сложности, используя при этом базовый пакет инструментов системы автоматизированного проектирования.

Разработанная стратегия построения электронных геометрических моделей универсальна для любых систем автоматизированного проектирования, но учитываются только геометрические, топологические и размерные ограничения. Созданная в соответствии со стратегией модель сохраняет свою геометрическую целостность при изменении (редактировании) размерных параметров. Полученные электронные геометрические модели используются как база при изучении следующих общеобразовательных и специальных дисциплин учебного плана подготовки бакалавров и специалистов вплоть до дипломной работы. Таким образом, создается основа для построения сквозной информационной подготовки в системе высшего профессионального образования (рисунок 2).

Цифровые образовательные технологии – это инновационный способ организации учебного процесса, основанный на использовании электронных систем, обеспечивающих наглядность.



Рис. 2 – Применение графических редакторов

Целью применения цифровых технологий является повышение качества, эффективности учебного процесса, а также успешной социализации студентов (рисунок 3).

Преподаватели, начиная с общеобразовательных кафедр, используют цифровые информационные технологии для создания образовательной платформы.



Рис. 3 – Применяемые цифровые технологии

В современных условиях образование требует новых технологий обучения. На кафедре инженерной и компьютерной графики разработаны электронные учебные пособия для проведения лабораторных занятий по инженерной графике и начертательной геометрии. Разработано и внедрено в учебный процесс учебное пособие «Компьютерное проектирование (Компас-3D)». С выходом новых версий Компас-3D, обновляется и пособие. [1] В электронной образовательной среде Университета размещены все учебно-методические материалы кафедры.

Для получения дополнительных знаний и практических навыков для студентов на кафедре инженерной и компьютерной графики организован кружок «Моделирование и 3D печать прототипов», в котором большое внимание уделяется (рисунок 4):

- трехмерному моделированию изделий с использованием системы автоматизированного проектирования Компас-3D по заданному чертежу;
- изготовлению прототипа (детали) с применением различных технологий и материалов (3D-печать);
- постобработка, покраска и дизайн прототипа;
- сборка и проверка функциональности прототипа.

После прохождения занятий в этом кружке студенты с удовольствием участвуют в чемпионатах профессионального мастерства в компетенции «Изготовление прототипов» (рисунок 5).

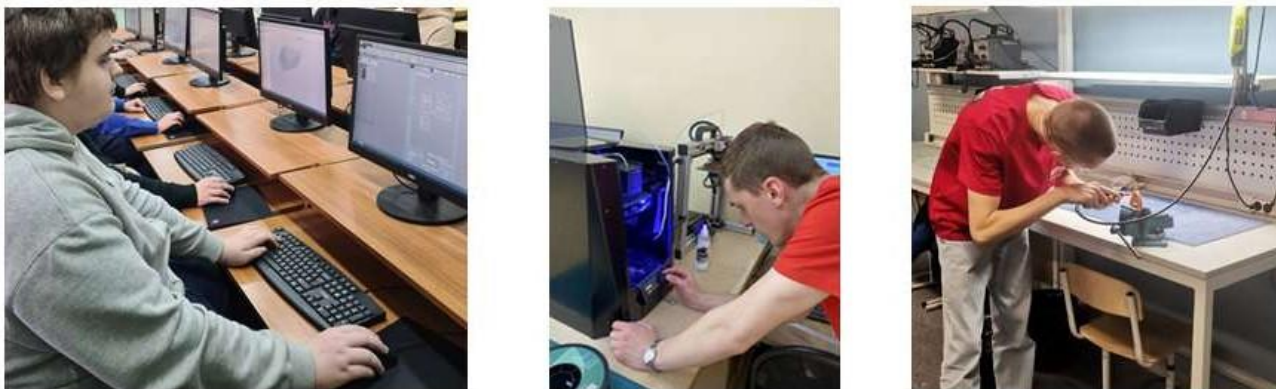


Рисунок 4 – Занятия в кружке «Моделирование и 3D печать прототипов»

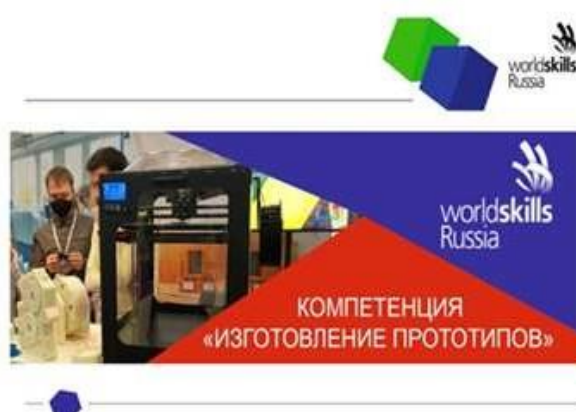


Рисунок 5 – Компетенция «Изготовление прототипов»

Большой интерес у студентов вызывает ежегодная студенческая научная конференция, на которой студенты знакомятся с новыми цифровыми технологиями в проектировании деталей и узлов, а также с изготовлением их прототипов.

Библиографический список

1. Чепурина, Е.Л. Компьютерное проектирование (КОМПАС-3D). / Е.Л. Чепурина, Д.А. Рыбалкин, Д.Л. Кушнарера, Е.С. Шнарас, А.С. Свиридов. – Москва, 2023.
2. Дорохов, А.С. Выполнение чертежей с использованием системы «Компас-3D» / А.С. Дорохов, Е.Л. Чепурина, К.А. Краснящих, Ю.В. Катаев, Г.М. Вялых . –Москва, 2016. УДК 636.084.74
3. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – Москва : ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с. – ISBN 978-5-6049928-2-1.

УДК 004.92

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ДЛЯ КОРМОРАЗДАТЧИКА В КОМПАС-3D

Попов И. А., студент

Научный руководитель: Рыбалкин Д. А., к.т.н., доцент

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ

Аннотация: в статье представлена разработанная конструкторская документация предлагаемого кормораздатчика в программном обеспечении Компас-3D, а также описание его работы.

Ключевые слова: кормораздатчик, животноводство, дозирующее устройство, точность подачи, кормовая масса, интенсивность смешивания.

Решение задачи продовольственной безопасности возможно только при наличии хорошо развитой отрасли животноводства, что требует постоянного совершенствования технических средств и повышения их уровня эффективности [1, 5, 7].

Для процесса нормального кормления сельскохозяйственных животных стебельчатыми кормами (люцерна, чечевичная солома и др.) необходимо дозирующее устройство, которое обеспечивало бы необходимую точность подачи продукта, а также сводило долю ручного труда к минимуму, отвечая вместе с тем предъявленным к нему зоотехническим и технико-экономическим требованиям [2, 4, 6].

Многочисленными исследованиями и практикой доказано, что полноценное и нормированное кормление сельскохозяйственных животных является основой получения качественной продукции и выращивания животных в хорошем физиологическом состоянии. Полноценное кормление достигается сбалансированностью рациона по всем питательным веществам и микроэлементам, а нормированное кормление – выдачей каждому животному количества корма в строгом соответствии с заданной нормой [2, 6, 7].

Разработанный кормораздатчик (рис. 1) предназначен для смешивания из нескольких компонентов, транспортировки и раздачи в кормушки или на кормовой стол сбалансированного корма.

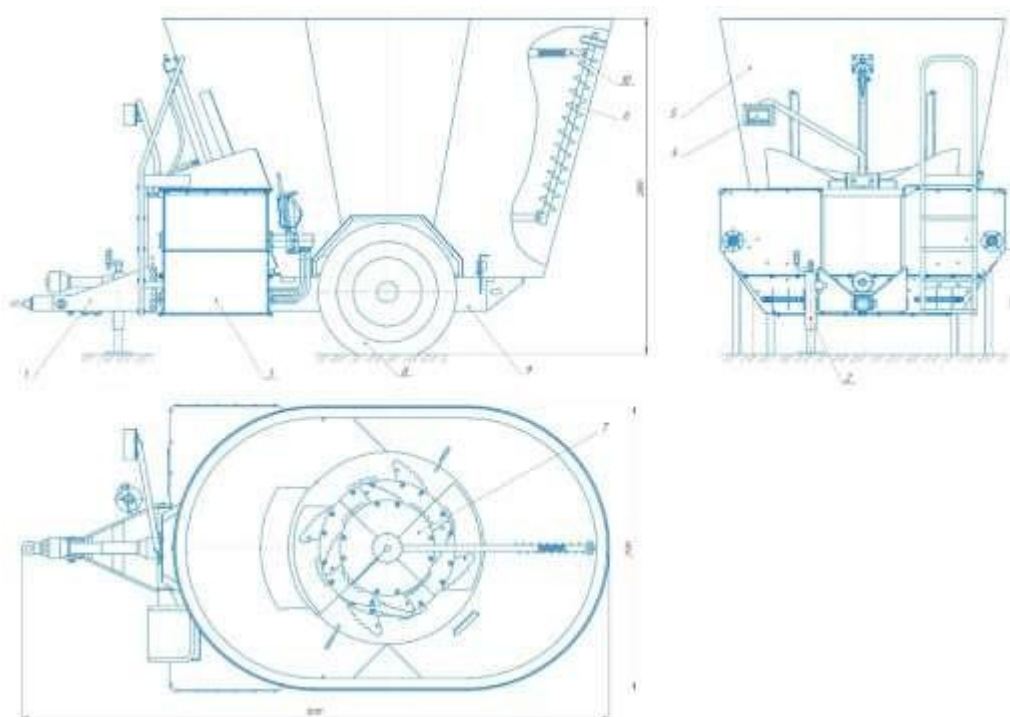


Рис. 1 – Общий вид кормораздатчика

Кормораздатчик состоит из бункера 5, шасси 8, измельчающего шнека 7, выгрузного лотка 3, гидросистемы 1, тормозной системы 2, электрооборудования 4 и системы взвешивания 9.

В агрегатах вертикального перемешивания сочетаются новейшие технологии, простота обслуживания и эксплуатации с надежностью системы вертикального смешивания. Простой по конструкции, но уступает горизонтальным кормораздатчикам по качеству измельчения и раздачи, что сказывается на меньшей стоимости в сравнении с агрегатами с горизонтальными шнеками.

Процесс смешивания протекает быстро и не изменяет питательных свойств корма. Реверсивный транспортер дает возможность производить раздачу кормовой смеси на две стороны поочередно. Наличие зазора между шнеком и стенками бункера обеспечивает щадящий режим обработки кормовых компонентов без повреждения их структуры, слипания или образования комков. Кормовая масса поднимается шнеком 7 вверх, а затем свободно перемещается вниз по коническим сводам камеры (рис. 2).

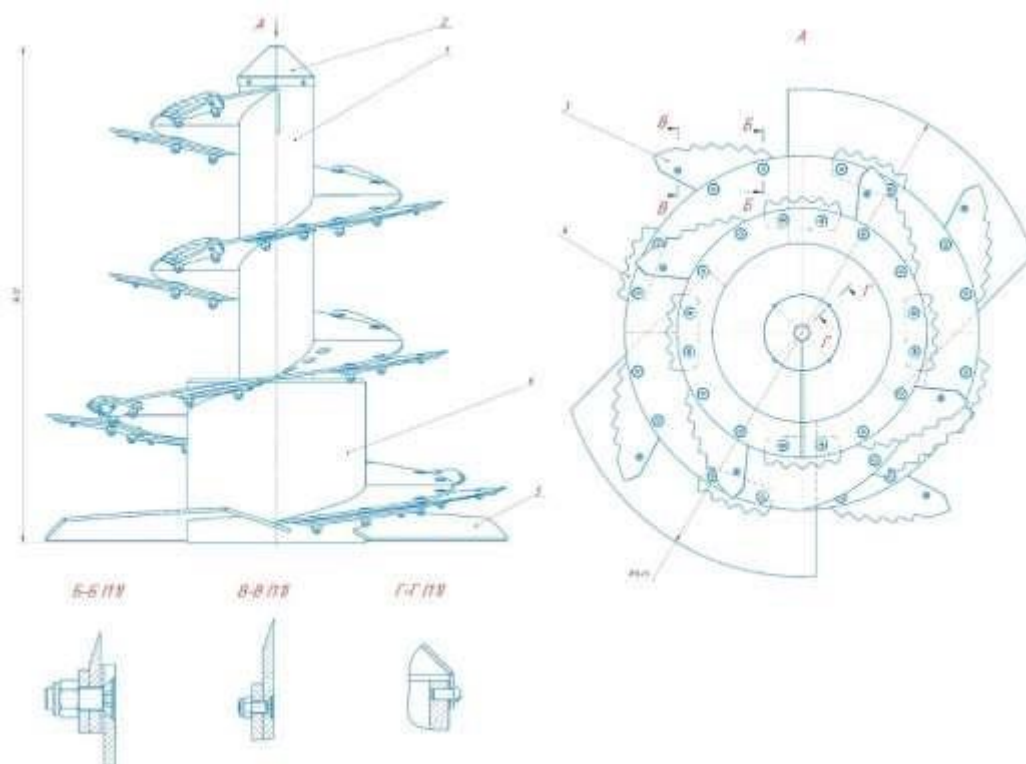


Рис. 2 – Конструкция измельчающего шнека

Может применяться как самостоятельная машина для приготовления кормовых смесей при условии загрузки необходимых компонентов с помощью соответствующих погрузчиков.

Для увеличения интенсивности смешивания, а также для улучшения качества смешивания компонентов кормовой смеси дополнительно устанавливается смешивающий элемент в виде шнека 6, крепящегося к основному рабочему органу посредством водила 10 и опорной пяты и расположенный вдоль бункера смесителя (рис. 3). Вращение данного шнека осуществляется от опорного колеса, с которым связан шнек, обкатывающегося по внутренней поверхности конического бункера смесителя за счет сил трения между колесом и корпусом. Для создания постоянного трения между опорным колесом и внутренней поверхностью бункера смесителя водило выполнено телескопически подпружиненным, а соединение водила с опорной втулкой шнека и опорной пяты с приводным валом шарнирным с возможностью отклонения шнека в плоскости приводного вала.

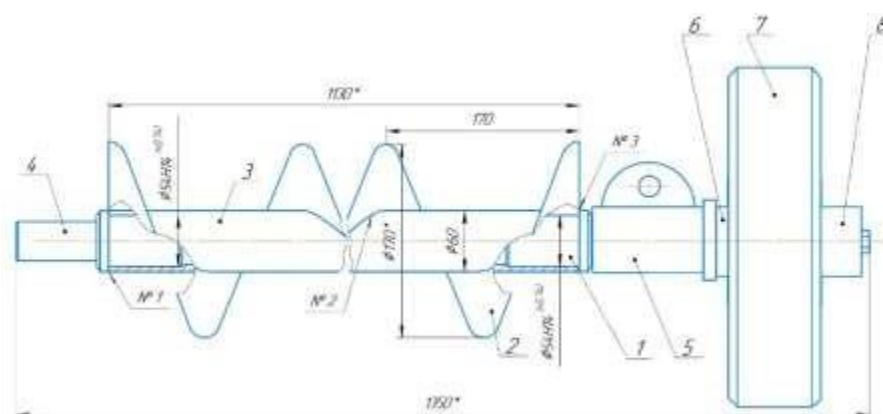


Рис. 3 – Дополнительный смешивающий элемент

Разработанная перспективная конструкция кормораздатчика, позволяет уменьшить материальные затраты на приготовление и раздачу кормов и увеличить производительность труда.

Библиографический список

1. Рыбалкин Д.А. Анализ измельчителей-смесителей кормов / Д.А. Рыбалкин, А. С. Балугев // Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях: Материалы IX Международной научно-практической конференции, Саратов, 27–28 апреля 2022 года. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью «Амирит», 2022. – С. 579-582.

2. Рыбалкин Д.А. Обоснование конструктивно-технологической схемы раздатчика стебельчатых кормов / М.С. Елисеев, Д.А. Рыбалкин, Е.Л. Чепурина, Д.Л. Кушнарера // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 6. – С. 91-93.

3. Елисеев М.С., Рыбалкин Д.А., Ситкалиев А.С. Обоснование конструктивных параметров раздатчика стебельчатых кормов // Аграрный научный журнал. 2020. № 11. С. 110-112.

4. Солонщиков П.Н., Косолапов Е.В. Совершенствование и повышение эффективности технологического процесса приготовления и раздачи грубых кормов на фермах крупного рогатого скота // Вестник НГИЭИ. - 2018. - №5 (84).

5. Машины для раздачи кормов крупному рогатому скоту. URL: <https://agrovesti.net/lib/tech/machinery-and-equipment/mashiny-dlya-razdachi-kormov-krupnomu-rogatomu-skotu.html> (дата обращения 28.01.2024 г.).

6. Савиных П.А., Турубанов Н.В., Чернятьев Н.А. Экономическое и энергетическое обоснование разработки смесителя компонентов комбикормов // Вестник НГИЭИ. 2023. №6 (145).

7. Определение оптимальных параметров горизонтального смесителя с ленточным шнеком / П.А. Савиных, Н.В. Турубанов, А.Ю. Исупов, Д.А. Зырянов // Техника и технологии в животноводстве. – 2021. – № 3(43). – С. 66-70.

УДК 631.3-1/-9

ПРИМЕНЕНИЕ 3-D СКАНИРОВАНИЯ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ С.-Х. ТЕХНИКИ

Потемкин Р. А., ассистент кафедры инженерной и компьютерной графики

Стушкин В. Ю., студент

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ

Развитие современного сельскохозяйственного машиностроения неразрывно связано с повышением надежности и долговечности техники. Одним из этапов технологического процесса производства и/или ремонта является дефектация, которая позволяет оценить техническое состояние деталей и агрегатов в целом. Выбор наиболее рационального способа ремонта во многом определяется анализом результатов контрольных измерений изношенной поверхности детали при дефектации. Повышение качества выпускаемых деталей может обеспечиваться на основе совершенствования технологии дефектации с использованием инновационных цифровых технологий – технологии 3D-сканирования с использованием обширных баз данных технических условий и параметров свойств восстанавливаемых деталей.

Программное обеспечение позволяет автоматизировать процесс контроля изделий. Для примера рассмотрим ситуацию, приведенную ниже.

Предприятие занимается выпуском одинаковых деталей в количестве тысяча штук. Традиционные методы контроля стандартными инструментами – шаблонами, микрометрами, штангенциркулями и т.д. подразумевают измерения каждой из этой тысячи деталей и составление таблицы для каждой единицы.

Далее рассмотрим, как происходит контроль при использовании 3D-сканирования:

Для первой детали из партии выполняются вручную сканирование, подготовка к анализу и непосредственно анализ, а отчет составляется с помощью программного обеспечения. Для следующих 999 деталей вручную делается только сканирование, остальные три этапа выполняет ПО. Таким образом, затраты времени происходят только на оцифровку. А при контроле геометрии сканирование – это обычно от 5 до 15% затраченного времени, не больше. Следовательно, при потоковом контроле или контроле серийного производства предприятие начинает экономить огромное количество времени.

Следующим этапом развития технологий 3D сканирования является абсолютная минимизация ручного труда, а именно отказ от ручного сканирования деталей.

Путем к решению данной задачи может послужить создание комбинированных технических средств, а именно объединение коллаборативных роботов (коботов) и 3D сканера.



Рис. 1 – Автоматизированная сканирующая система

Апогеем данных разработок стало создание автоматизированных сканирующих систем (АСС), которые дают возможность управлять двумя принципиально разными устройствами с одной рабочей станции. Они обеспечивают высококачественные оптические измерения в автоматическом режиме непосредственно на производственной линии.

Процесс работы АСС выглядит следующим образом. Робот управляет 3D-сканером по заданной программе, без участия оператора, производя оцифровку детали. Затем данные 3D-сканирования автоматически обрабатываются в программном обеспечении: CAD-модель сравнивается с полученным сканом изделия. Итогом работы АСС является отчет, позволяющий контролеру ОТК принять решение о качестве выпускаемой продукции.

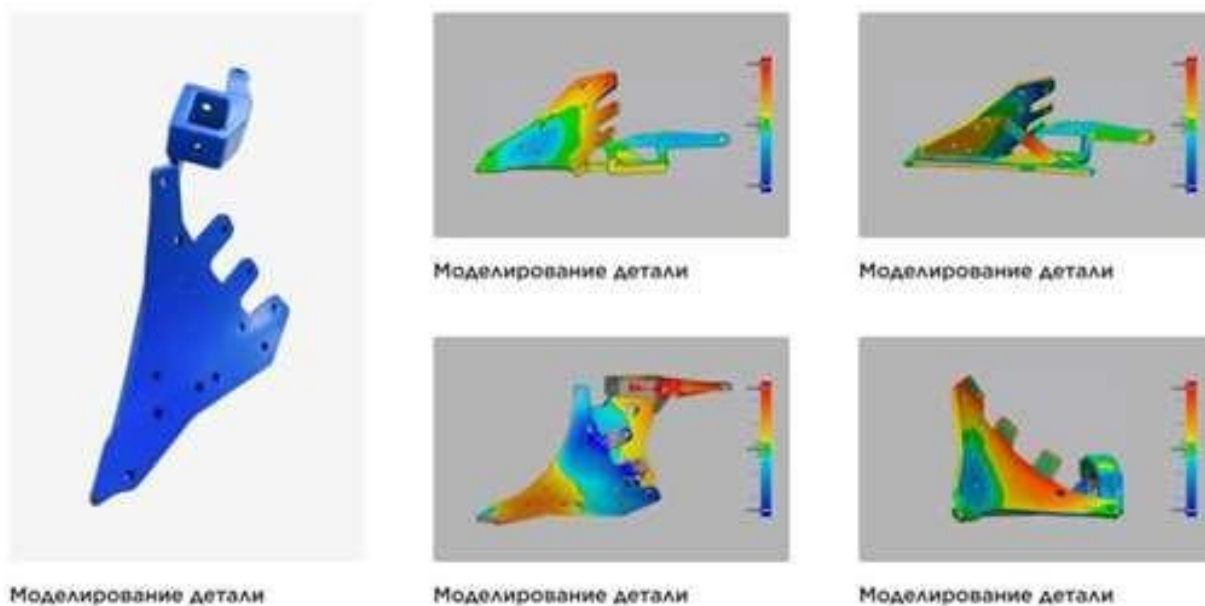


Рис. 2 – Проверка геометрии изделия

Итак, АСС позволяет:

1. Значительно повысить автоматизацию измерений;
2. Обеспечить выявление брака на ранних стадиях производства;
3. Гарантировать высокую точность измерений (до 30 микрон);
4. Интегрироваться в различные комплексы автоматизации

производства, в том числе может работать совместно со сварочными роботами.

Раньше предприятие могло себе позволить контролировать одну деталь из тысячи. Внедряя 3D-сканирование, можно контролировать много больше деталей.

Реверс-инжиниринг является еще одним направлением использования 3D-сканирования на промышленных предприятиях и предприятиях АПК.

Реверс-инжиниринг служит для создания 3D-модели из уже готового образца. Данная технология применяется при оцифровке механизмов, разработанных ранее или при промышленном шпионаже, что особенно актуально в условиях беспрецедентных санкций, наложенных на нашу страну.

Примером успешного применения реверс-инжиниринга может служить экономика КНР, которая на заре своего промышленного бума применяла реверс-инжиниринг повсеместно. Использование 3D-сканирования в этом направлении значительно увеличивает скорость разработки локализованных образцов техники.



Рис. 3 – Реверс-инжиниринг. 3D-сканер в процессе оцифровки образца.

Библиографический список

1. Применение технологий 3d-печати и 3d-сканирования при изготовлении и ремонте сельскохозяйственной техники / Катаев Ю.В., Гончарова Ю.А., Свиридов А.С., Тужилин С.П. // Техника и оборудование для села. 2023. № 1 (307). С. 34-38.
2. Цифровые решения при техническом сервисе сельскохозяйственной техники. / Голубев И.Г., Мишуров Н.П., Федоренко В.Ф., Скороходов Д.М., Свиридов А.С., // Аналитический обзор, Москва, 2020.
3. Контроль качества запасных частей редуктора конечной передачи мтз-82.1. / Скороходов Д.М., Краснящих К.А., Катаев Ю.В., Чепурина Е.Л., Лазарь В.В., Свиридов А.С. // Сельский механизатор. 2020. № 7. С. 30-32.

УДК 631.3-1/-9

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ В NANOCAD

Читчян К. Д., студентка

Кушнарева Д. Л., старший преподаватель кафедры инженерной и компьютерной графики

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ

Аннотация. Применяя nanoCAD можно организовать совместную работу над проектом, благодаря поддержке использования внешних ссылок. Специальные инструменты помогут соблюдать установленный стандарт предприятия.

Ключевые слова: САПР, проектирование, 3D-моделирование, импортозамещение, ПО nanoCAD.

Для быстрого импортозамещения иностранного программного обеспечения Россия разработала и утвердила дорожную карту «Новое индустриальное программное обеспечение», вступившую в силу с 1 января 2023 г. [1]

Рассматриваемая в статье российская платформа предназначена для проектирования и моделирования объектов различной сложности. Поддержка форматов *.dwg и IFC делает ее отличным решением для совмещения САПР- и BIM-технологий. Функционал платформы может быть расширен с помощью специальных модулей. Все разработанное отечественное ПО включается в «Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных». Были введены и экономические стимулы приобретения именно отечественного ПО, включенного в данный Реестр – это программное не облагается НДС в размере 20% в отличие от зарубежного. [2]

Российская система nanoCAD представляет собой векторный редактор, который в настоящее время работает под Windows. Он совместим с популярным графическим редактором AutoCAD не только по формату файлов, но и по многим элементам пользовательского интерфейса: именам команд, системным переменным, он имеет похожие меню, панели инструментов [3].

NanoCAD — это еще и платформа, в которой можно запускать собственные приложения, особенно если есть опыт создания приложений под AutoCAD. Таким образом, вы можете подключать свои расчетные модули и свои графические программы рисования узлов и схем. Сама компания "Нанософт", конечно, тоже не стоит в стороне от дополнительных приложений для архитекторов, строителей, машиностроителей, электриков и специалистов других направлений. Названия говорят сами за себя: nanoCAD СПДС, nanoCAD ОПС, nanoCAD ВК, nanoCAD Электро, nanoCAD Механика, nanoCAD ЛЭП и т. д. Конечно, перечисленные имена с одинаковым префиксом не исчерпывают линейку всех продуктов "Нанософта", есть еще такие известные программы, как NormaCS, система документооборота TDMS и др. Существует версия nanoCAD 5.1, которую любой пользователь после регистрации может скачать и бесплатно активировать с бессрочной лицензией (см. <http://www.nanocad.ru/products/detail.php?ID=371>).

В настоящее время на платформе nanoCAD разработан целый ряд вертикальных приложений. [3]

Таблица 1 – Обзор вертикальных приложений nanoCAD

nanoCAD	СПДС Универсальная двумерная графическая система, предназначенная для оформления проектно-конструкторской документации в соответствии со стандартами СПДС. Обеспечивает высокую скорость работы и автоматизацию операций оформления благодаря применению технологии интеллектуального чертежа
nanoCAD Механика	Универсальная двумерная графическая система, предназначенная для оформления чертежей в соответствии с ЕСКД, проектирования систем гидропневмоэлементов, зубчатых зацеплений, валов, инженерного анализа, расчета размерных цепей
nanoCAD Схемы	Несложное решение, предназначенное для автоматизированного построения схем в следующих областях проектирования промышленных и гражданских объектов: электротехника, КИПиА, технологическое проектирование, – а также в других областях, требующих построения схем
nanoCAD Геоника	Специализированное решение для автоматизации проектно-изыскательских работ, предназначенное для специалистов отделов изысканий/генплана. Геоника – это портирование на платформу nanoCAD известного программного комплекса GeoniCS Топоплан-Генплан
nanoCAD ВК	Специализированное решение, предназначенное для проектирования внутренних систем горячего и холодного водопровода и канализации, а также водяного пожаротушения с использованием пожарных кранов. В программе объединены расчетная и графическая части раздела проектирования «Внутренний водопровод и канализация»
nanoCAD СКС	Специализированное решение, предназначенное для автоматизированного проектирования структурированных кабельных систем (СКС) зданий и сооружений различного назначения. nanoCAD СКС является рабочим инструментом для проектирования систем кабельной канализации и структурированных кабельных систем, телефонии
nanoCAD Стройплощадка	Специализированное решение, предназначенное для автоматизации оформления чертежей по разделам «Проект организации строительства» (ПОС) и «Проект производства работ» (ППР). Программа включает в себя весь функционал nanoCAD СПДС и является независимым приложением
nanoCAD ОПС	Специализированное решение, предназначенное для автоматизированного проектирования охранно-пожарной сигнализации, систем контроля и управления доступом (СКУД) зданий и сооружений различного назначения
nanoCAD Конструкции	Специализированное решение, предназначенное для конструкторов, разрабатывающих комплекты рабочих чертежей марок КЖ и КЖИ в строгом соответствии с отечественными нормами и стандартами. Содержит функционал nanoCAD для выполнения задач базового черчения с полной поддержкой формата DWG
nanoCAD Электро	Специализированное решение, предназначенное для автоматизированного выполнения проектов в частях силового электрооборудования (ЭМ) и внутреннего электроосвещения (ЭО) промышленных и гражданских объектов строительства.

Отличительной особенностью nanoCAD является поддержка российских стандартов оформления конструкторской и строительной документации по ГОСТам ЕСКД и СПДС, соответственно не требуется выполнения дополнительных настроек форматов листов, масштабов, типов линий, шрифтов, штриховок и выносок, как в AutoCAD. [1]

На кафедре инженерной и компьютерной графики ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева» планируется обучение с применением программных продуктов компании «Нанософт». Не первый год на в рамках изучения дисциплины «Компьютерное проектирование» используется программный комплекс КОМПАС-3D. В учебном курсе представлены теоретические основы создания твердотельных трехмерных моделей с использованием основных операций построения: выдавливания, вращения, по траектории и по сечениям, создания сборочных единиц с использованием библиотек стандартных элементов. [4] В настоящее время актуальность использования систем автоматизированного проектирования российского производства в учебном процессе возросла.

САПР требуются огромным спросом при проектировании твердотельных трехмерных моделей в аддитивном производстве. [5] Аддитивные технологии используются для создания физических моделей, прототипов, образцов, инструментальной оснастки и производства пластиковых, металлических, керамических, стеклянных, композитных компонентов и компонентов из биоматериалов.

Выводы. Приведенный анализ отечественного программного обеспечения говорит о возможности полного перехода на отечественное ПО. nanoCAD может выступать как платформа для построения прикладных вертикальных решений, используемых для самых разных направлений проектирования: от машиностроения до строительства и инженерных коммуникаций. nanoCAD поддерживает российские стандарты оформления конструкторской и строительной документации по ГОСТам ЕСКД и СПДС.

Библиографический список

1. Стаселько, О. Л. Внедрение программного обеспечения Nanocad в учебный процесс / О. Л. Стаселько, Л. В. Белова // Проблемы инженерного и социально-экономического образования в техническом вузе в условиях модернизации высшего образования : Материалы XXII Международной научно-практической конференции. В 2-х томах, Тюмень, 27–28 апреля 2023 года / Отв. редактор С.Д. Погорелова. Том 2. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2023. – С. 216-220. – EDN RCNCLR.

2. Полонский, А. М. Импортозамещение программного обеспечения и организация обучения студентов с использованием отечественного или свободного программного обеспечения / А. М. Полонский // Актуальные проблемы экономики и управления. – 2022. – № 2(34). – С. 65-82. – EDN YMGTXU.
3. Сайт <https://nanocad.cpo.pro/produktyi/platforma-nanocad.html>
4. Компьютерное проектирование (КОМПАС-3D) / Е. Л. Чепурина, Д. А. Рыбалкин, Д. Л. Кушнарева [и др.]. – Москва : Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2023. – 128 с. – EDN IFDWGS.
5. Обоснование внедрения аддитивного производства на машиностроительное предприятие / Ю. В. Катаев, М. Г. Загоруйко, А. С. Свиридов, С. П. Тужилин // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 9. – С. 104-107. – DOI 10.28983/asj.y2022i9pp104-107. – EDN WFBEOV.
6. Кувшинов Н.С., nanoCAD Механика 9.0. Инженерная 2D- и 3D-графика. – М.: ДМК Пресс, 2019. – 474 с.: ил. / САПР-ПЛАТФОРМА nanoCAD. ISBN 978-5-97060-732-9.

СЕКЦИЯ: «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ»

УДК 620.22

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СМАРТ-МАТЕРИАЛОВ В ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАШИН

Блуд М. П.

Научный руководитель: Барчукова А. С.

*Российский государственный аграрный университет – МСХА имени
К.А. Тимирязева, г. Москва*

Аннотация. Поливинилиденфторид (ПВДФ) является популярным полимером с превосходными пьезоэлектрическими свойствами благодаря своей механической и термической стабильности. В этой статье представлен обзор перспектив применения поливинилиденфторида в цифровой трансформации эксплуатации машин.

Ключевые слова: смарт-материалы, пьезоэффект, машин, полимеры.

Перспективе применения смарт-материалов в автономных или электронных устройствах для аккумулирования энергии в настоящее время уделяется большое внимание. Источниками получения такой энергии могут быть механические нагрузки и вибрации. Для преобразования механической или вибрационной энергии в электрическую требуются определенные материалы [1].

Смарт-материалы — это широкий класс материалов, свойства которых могут быть изменены внешним воздействием, таким как температура, химические вещества, приложенное магнитное или электрическое поле.

Пьезоэлектрические материалы соответствуют этому определению, потому что приложенное напряжение создает разность потенциалов в пьезоэлектрическом материале, и, наоборот, приложение внешнего напряжения к поляризуемости материала.

Из различных пьезоэлектрических материалов полимеры были наиболее изучены благодаря их пластичности, биосовместимости и высоким механическим свойствам.

Поливинилиденфторид (ПВДФ) является наиболее распространенным полимерным материалом, используемым в таких областях применения. ПВДФ обладает способностью генерировать внутренний электрический заряд при некоторых изменениях, которые создают поляризованную фазу в системе. Поляризованная фаза приводит к использованию пьезоэлектрического режима накопления энергии, при котором любое механическое воздействие приводит к выработке электроэнергии.

Фторполимеры, такие как поливинилидендифторид (ПВДФ), обладают многими характерными свойствами, такими как высокая механическая,

термическая и химическая стойкость, а также устойчивость к ультрафиолетовому излучению, ядерному излучению, истиранию и старению, в то время как их пьезо- и пирозлектрические свойства делают их универсальными для таких применений, как аккумуляторы, датчики, детали и элементы машин.

ПВДФ интересен из-за наличия в нем различных кристаллических полиморфизмов. Он существует в пяти различных кристаллических фазах, т.е. α -, β -, γ -, δ - и ϵ -фазах, и имеет три режима молекулярной конформации, такие как неполярный, полярный и частично полярный

Среди всех этих фаз неполярная α -фаза является наиболее распространенной и термодинамически стабильной фазой, а полярная β -фаза является термодинамически метастабильной фазой.

Преобразование полярной фазы имеет электрические / энергетические перспективы и является более важным из-за полярных β - и γ -фаз, ответственных за пьезоэлектрические свойства [2]

Для преобразования полярной β -фазы используются различные методы, такие как кристаллизация в расплаве, растяжение в одном или двух направлениях, полирование при высоком напряжении, выращивание на специальной подложке с помощью неорганического наполнителя, электроспиннинг и т.д.

Электроспиннинг — это уникальный метод получения нановолокон, и преимущества, которыми обладает, такие как низкая стоимость и возможность умеренно высокой производительности, делают его перспективной системой для производства наногибридных волокон [3].

Полученные волокна имеют ряд преимуществ перед пленочными, поскольку они чрезвычайно длинные, имеют большую площадь поверхности, сложный размер пор и более совершенное выравнивание. Тканые или нетканые волокна с электроспряденными нановолокнами делают их пригодными для различных применений.

Например, механические повреждения конструкций машин в процессе эксплуатации часто возникают от действия таких факторов, как усталость, коррозия и аварии.

Эти повреждения, если не предпринять своевременные меры, могут возрасти с большой скоростью из-за концентрации напряжений и деформаций в окрестности повреждения, что приводит к увеличению уровня вибраций, снижению величины допустимой нагрузки, ухудшению нормальной работы элемента конструкции. В большинстве ситуаций срок службы поврежденных компонентов может быть увеличен за счет ремонта вместо непосредственной замены.

Эти проблемы можно решить путем применения умных материалов для мониторинга конструкций в процессе их эксплуатации (рис. 1), так как они могут предоставить информацию, поступающую от системы датчиков, расположенных по месту измерения, в режиме реального времени, образуя пять уровней диагностики [4]:

1. Обнаружение существования повреждения;
2. Определение местоположения повреждения;

3. Оценка величины повреждения;
4. Обеспечение частичного саморемонта повреждения;
5. Определение эксплуатационного ресурса конструкции.

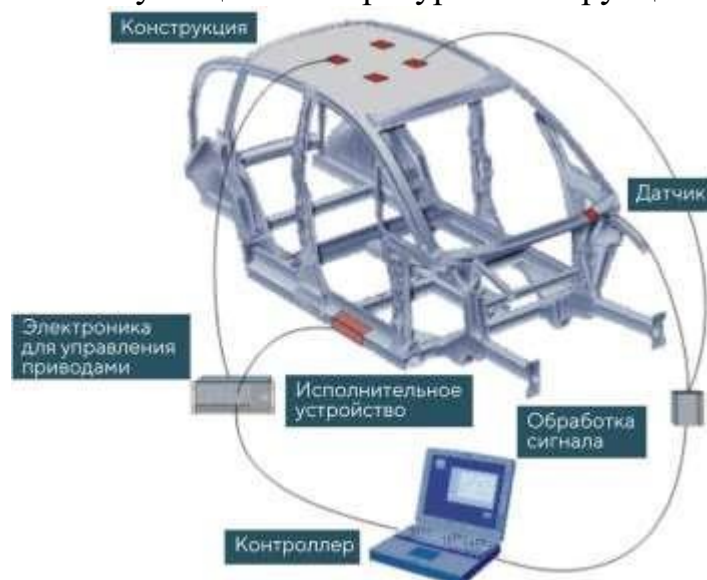


Рис. 1 — Механизм подавления вибрации кузова автомобиля

В методиках неразрушающих оценок наличия повреждений конструкции в качестве актуаторов [5] и сенсоров эффективно применяется пьезокерамика (PZT). По этой методике PZT-заплата, выполняющая роль актуатора-сенсора, присоединяется к конструкции. Измерением электрического сопротивления, связанного с механическим состоянием рассматриваемой конструкции, может быть обнаружено изменение в свойствах объекта, вызванные повреждением. Преимущество этой техники состоит в том, что она может осуществлять непрерывный контроль on-line; PZT-заплата является очень легкой и достаточно малой, чтобы осуществлять контроль в недоступных местах. Эта методика была успешно проверена на таких конструкциях, как фермы, сложные укрепления стен, железобетонные мосты (рис.2) трубопроводы и болтовые соединения в конструкциях [6].

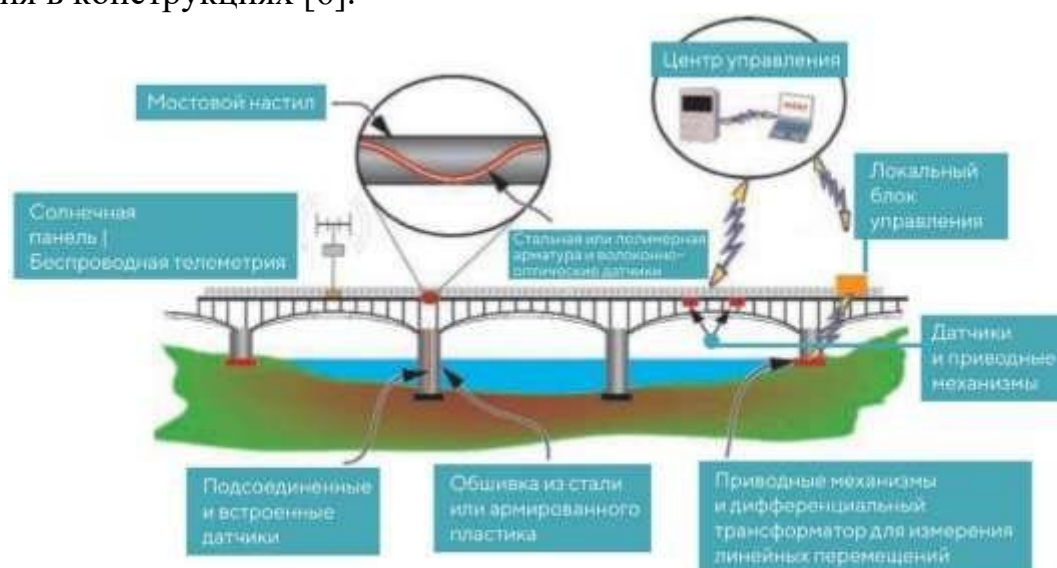


Рис. 2 — Схема интеллектуального моста

Рассматривается метод обработки сигналов для обнаружения расслоения в композитных конструкциях. В частности, для обеспечения мониторинга структуры композита в режиме реального времени применена техника вейвлет-анализа, с помощью которой анализируется информация, поступающая с системы датчиков.

Библиографический список

1. Балькова, Т. И. Электротехническое материаловедение / Т. И. Балькова, С. М. Гайдар, А. М. Пикина. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2023. – 250 с.

2. Анджан В.; Ю. Л.; Нарделли М. Б.; Бернхольц Дж. Фазовые равновесия в полимерах на основе PVDF с высокой плотностью энергии. *Phys. Rev. Lett.* 2007, 99 (4), 047801

3. Тео, В. Э.; Инаи, Р.; Рамакришна, С. Технологические достижения в электроформовании нановолокон. *Наука и технология передовых материалов* 2011, 12, 013002,

4. Бруданов, А. М. Практическое применение smart-материалов и smart-конструкций / А. М. Бруданов // *Молодой ученый*. – 2015. – № 24(104). – С. 101-104.

5. Юрлова Н. А. Умные материалы и конструкции: фантастика или реальность? // *Вестник Пермского федерального исследовательского центра*. 2013. №2.

6. Балькова, Т. И. Современное материаловедение: Учебное пособие для студентов очной и заочной формы обучения по направлениям «Агроинженерия» и «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» / Т. И. Балькова, С. М. Гайдар, А. М. Пикина. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2023 – 124 с.

7. Ветрова, С. М. Определение коррозионной стойкости низколегированной стали / С. М. Ветрова, А. С. Барчукова // *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, Тамбов, 27–29 сентября 2023 года*. – Тамбов: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве", 2023. – С. 196-198.

8. Гайдар, С. М. Влияние легирующих элементов и термической обработки на механические свойства низколегированных сталей / С. М. Гайдар, С. М. Ветрова, А. С. Барчукова // *Ремонт. Восстановление. Модернизация*. – 2023. – № 9. – С. 11-15. – DOI 10.31044/1684-2561-2023-0-9-11-15.

УДК 621.89+69М

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СТАЛЕЙ ПО УРАВНЕНИЮ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ПРОЧНОСТНЫХ И ПЛАСТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Густов Ю. И., д.т.н., академик РАПК, профессор

Воронина И. В., старший преподаватель

Кай А. А.

*Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет (НИУ МГСУ), г. Москва, РФ*

Аннотация. Изложена методика определения показателей механических свойств отечественных и зарубежных сталей по уравнению относительных прочностных и пластических показателей. По стандартным показателям прочности и пластичности получены истинное временное и конечное сопротивление разрыву, пределу выносливости на изгиб и кручение.

Ключевые слова: свойство, сталь, уравнение, прочность, пластичность, выносливость, теорема, модернизация, гармоничность, корреляция.

Для обоснованного выбора сталей применительно к конкретным условиям их использования требуются показатели истинных сопротивлений разрушению. Стандартные показатели предела текучести и временного сопротивления разрыву имеют условный характер как отношения приложенной нагрузки к исходной, а не фактической площади поперечного сечения [1, 2].

Для расчётного определения истинных показателей прочности использовано уравнение относительных прочностных и пластических показателей [3, 4]. Их комплексная суммарная величина позволяет определить равномерное и сосредоточенное относительные удлинение и сужение. Последние используются для оценки истинного временного сопротивления разрыву, истинного сопротивления разрушению, пределов выносливости при растяжении и кручении.

Особый интерес представляет состав истинного предела прочности [5-8]. Поэтому целью работы является расчётное определение показателей механических свойств сталей.

Целевыми задачами являются:

1. Выбор сталей отечественного производства.
2. Расчётное определение истинных показателей свойств по уравнению относительных прочностных и пластических характеристик.

3. Выбор сталей зарубежного производства и расчётное определение соответствующих истинных прочностных показателей.
4. Расчёт показателей свойств по модернизированной теореме Ферма–Эйлера.
5. Сопоставление полученных показателей.
6. Анализ результатов исследования.

Используя апробированное уравнение относительных прочностных и пластических показателей:

$$\frac{\sigma_{0,2}}{\sigma_B} + \frac{\delta}{\psi} = C = \left(\frac{1+\delta_c}{1+\delta_p} \right)^{\frac{1}{\psi}}, \quad (1)$$

где δ_c, δ_p – сосредоточенная и равномерная составляющие относительного удлинения.

При условии адекватности $\delta = \delta_p + \delta_c$ [] получено:

$$\delta_p = \left[\frac{(1+\delta)}{C} \right]^{0,5} - 1, \quad (2)$$

где относительное удлинение (δ) и сужение (ψ) берутся в долях единицы.

Относительное равномерное поперечное сужение определяется по зависимости:

$$\psi_p = \frac{\delta_p}{(1+\delta_p)} \quad (3)$$

Вводятся соответствующие показатели (критерии) относительного удлинения

$$k_\delta = (1 - \delta)^{\frac{1}{\delta}} \quad (4)$$

и сужения

$$k_\psi = (1 - \psi)^{\frac{1}{\psi}} \quad (5)$$

Критерий k_δ используется для определения неизвестного предела прочности по известной твёрдости материала (НВ):

$$\sigma_B = k_\delta \cdot HB \quad (6)$$

По критерию k_ψ определяется истинное временное сопротивление разрыву:

$$S_B = \frac{\sigma_B}{(1-\psi_p)} \quad (7)$$

Истинное сопротивление разрыву вычисляется по выражению:

$$S_k = \sigma_B (1 + \psi(1 - \psi_p)) \quad (8)$$

Пределы выносливости на изгиб (σ_{-1}) и кручение (τ_{-1}) будут:

$$\sigma_{-1} = k_\delta \cdot S_k, \tau_{-1} = k_\psi \cdot \sigma_{-1} \quad (9)$$

Результаты исследования.

В таблице 1. приводятся расчётные показатели свойств отечественных сталей.

Таблица 1. Исходные и расчётные показатели отечественных сталей.

Марка стали	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ	ψ	S_B	S_k	σ_{-1}	τ_{-1}	a^2	b^2	Δ_a	Δ_b
	МПа		%		МПа		МПа		МПа		%	
55	490	655	16	45	690	1000,5	336,3	89,1	618	381,9	10,4	13,56
20ХГНР	1080	1270	10	50	1315,7	1973,6	688,3	172	1220	753,	7,27	9,53
40Х2Н2МА	590	735	12	35	759,6	1025,4	357,9	104,5	633,8	391,6	16,6	9,42
40ХН	600	710	20	60	951,4	1522,3	498,7	108,3	941	581,3	1,09	16,56
30ХГТ	760	930	19	65	980,8	1618,4	533,7	106,1	1000	617,9	1,96	15,78
50ХФА	1370	1470	10	42	1491,8	118,3	738,6	202,0	1309	808,9	12,25	9,52
14Х2ГМР	730	960	13	69	1039,2	1756,2	601,6	110,2	1085,4	670,7	4,45	11,49
40Х2Н2МА	900	1080	10	45	1119	1622,6	565,8	1499	1002,9	619,7	10,38	9,53

Модернизация теоремы Ферма – Эйлера [7] заключается в следующем:

1. Из значения истинного сопротивления разрыву извлекается квадратный корень $S_k^{0,5}$.
2. Полученное значение уменьшается на гармоническое значение системы золотой пропорции [8], $S_k^{0,5} \cdot 0,618 = a$.
3. Установленная величина возводится в квадрат: a^2 .
4. Из истинного сопротивления разрыву вычитается квадратная величина: $S_k - a^2 = b^2$
5. Извлечением квадратного корня получается основание b .
6. Проверяется модернизированный вариант теоремы: $S_k = a^2 + b^2$.
7. Сопоставляются составляющие с истинным временным сопротивлением разрыву $a^2 \sim S_B$ и пределом выносливости $b^2 \sim \sigma_{-1}$.
8. Учитывалась степень корреляции (расхождения).
9. Находится отношение a/b , подтверждающее гармоничность модернизированной теоремы: ($a/b = 0,786$)

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Для всех сталей квадраты первого основания a^2 соответствуют значениям истинного временного сопротивления разрыву S_B : расхождения находятся в пределах $\Delta_a=1,09-16,6$ при среднем отклонении $\Delta=8,05\%$.
2. Квадраты второго основания b^2 согласуются с показателями предела выносливости на изгиб σ_{-1} : расхождения в интервале $\Delta_b=9,42-16,56\%$ при среднем значении $\Delta=11,92\%$.
3. Отношения предела выносливости на кручение к истинному сопротивлению на разрыв находятся в пределах $\tau_{-1}/S_k=0,062-0,1019$ при среднем

значении 0,081. По нему можно вычислить предел выносливости без проведения трудоёмких экспериментов.

4. Для рассмотрения марок стали отношение оснований $a/b=0,786=0,618^{0,5}$ свидетельствуют о самоорганизации показателей механических свойств на основании золотой пропорции.

5. Заслуживает дальнейшего исследования взаимосвязь отношения S_k/σ_{-1} с показателем на усталость.

В таблице 2 представлены исходные и расчётные показатели свойств зарубежных сталей.

Таблица 2. Исходные и расчётные показатели зарубежных сталей

Марка стали	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ	ψ	S_B	S_k	σ_{-1}	τ_{-1}	a^2	b^2	Δ_a	Δ_b
	МПа		%		МПа		МПа		МПа		%	
Raex300	900	1000	11	47,5	1023	1486	515,3	132,7	918,5	567,5	10,2	10,1
Raex400	1000	1250	10	47	1307	1864,4	650,7	168,6	1152	712	11,8	9,4
Raex450	1200	1450	8	46,5	1507	2150,7	758,5	194,6	1329,3	821,4	11,8	8,3
Raex500	1250	1600	8	46,2	1681	2376,5	838	219	1468,9	907,6	12,6	8,3

По результатам таблицы 2 формулируются следующие выводы:

1. Для стали марки Raex300 квадрат (первого основания $a^2=988,5$ МПа согласуется со значением истинного временного сопротивления разрыву $S_B=1023$ МПа с расхождением $\Delta_a=10,2\%$; квадрат второго основания $b^2=567,5$ соответствует пределу выносливости $\sigma_{-1}=515,3$ МПа с отклонением $\Delta_b=10,1\%$.

2. Для стали марки Raex400 значение $a^2=1152$ МПа и $b^2=712$ МПа, согласуются с величинами $S_B=1307$ МПа и $\sigma_{-1}=758,5$ МПа при расхождении соответственно $\Delta_a=11,8\%$ и $\Delta_b=9,4\%$.

3. Для стали марки Raex 450 значения $a^2=1329,3$ МПа и $b^2=821,4$ МПа практически совпадают с $S_B=1507$ МПа и $\sigma_{-1}=758,5$ МПа; расхождения соответственно $\Delta_a=11,8\%$ и $\Delta_b=8,3\%$.

4. Для стали марки Raex500 получено также близкое соответствие сопоставляемых величин при $a^2=1468,9$ МПа $S_B=1681$ МПа (расхождение $\Delta_a=12,6\%$); при $b^2=907,6$ МПа $\sigma_{-1}=838$ МПа (расхождение $\Delta_b=8,3\%$).

5. Для всех марок стали отношение оснований $a/b=0,789=0,618^{0,5}$, что соответствует гармонической самоорганизации показателей.

6. Отношение предела выносливости при кручении к истинному сопротивлению разрыву находится в узком пределе $\tau_{-1}/S_k=0,0893-0,0922$ при среднем значении 0,0907. Посредством этого установленного коэффициента становится возможным рассчитать сопротивление предела выносливости без проведения сложных экспериментов.

Методика аналитического определения истинных показателей механических свойств металлических материалов посредством уравнения относительных прочностных и пластических характеристик усовершенствована применением модернизированной теоремы Ферма–Эйлера. Сопоставление показателей свойств различных отечественных и зарубежных сталей по разработанной комплексной методике показало её обоснованность для практического применения.

Библиографический список

1. Материаловедение: учебник для вузов / Арзамасов Б.Н., Макарова В.И., Мухин Г.Г и др. Под ред. Арзамасов Б.Н. М.: издательство МГТУ им. Баумана, 2008. 648 с.
2. Справочник по конструкционным материалам / Арзамасов Б.Н., Соловьева Т.В., Герасимов С.А. и др.; под ред. Арзамасов Б.Н. М.: издательство МГТУ им. Баумана, 2005. 640 с.
3. Густов Ю.И., Аллатуф Х. Синергетические критерии сталей стандартных категорий прочности // Механизация строительства. 2013. №2. С. 24-27.
4. Густов Ю.И., Воронина И.В., Аллатуф Х. Взаимосвязь напряжений среза и предела выносливости металлических материалов // Вестник МГСУ. 2013. №4. С. 32-37.
5. Синергетика и фракталы в материаловедении / Иванова В.С., Баланкин А.С., Бунин И.Ж. и др. М: Наука, 1994. 383 с.
6. Скуднов В.А., Ловков А.В. Влияние термической обработки на механические свойства и критерии разупрочнения сплава 20Х3МФБА // Материаловедение и металлургию. 2004. С. 123-126.
7. Фомин, А. Ю. Выбор и обоснование методик обработки, оценка надёжности результатов экспериментов / А. Ю. Фомин, А. В. Лапаев, Э. Н. Халилов // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития : Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ, Красноярск, 19–21 апреля 2022 года. Том Часть 2. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2022. – С. 131-134
8. Остаточные напряжения в покрытиях, образованных методом электроискровой обработки / И. Н. Кравченко, С. А. Величко, В. А. Денисов [и др.] // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2023. – № 4. – С. 52-60. – DOI 10.31857/S0235711923040077.

УДК 621.8

НОРМАЛИЗАЦИЯ РАБОТЫ МЕХАНИЗМА ТЯГОВЫЙ КАНАТ-ШКИВ ОГРАНИЧИТЕЛЯ СКОРОСТИ ЛИФТА

Густов Ю. И., д.т.н., профессор

Степанов М. А., к.т.н., доцент

Кабаков А. В.

Научно-исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), г. Москва, РФ

Аннотация. Изложена методика обеспечения нормальной работы пары шкив – канат ограничителя скорости лифта на основе приводимых показателей нормализованной системы относительных опорных линий и сближений микро топографии изношенных поверхностей.

Ключевые слова: нормализация, тяговый канат, шкив ограничителя скорости лифта, материал, усталость, изнашивание.

При работе ограничителя возможно проскальзывание тягового каната по шкиву ограничителя скорости лифта. Это может привести к аварийной ситуации.

Предупреждение проскальзывания является важной задачей данного исследования.

Основными задачами являются:

1. Выбор марок чугунов и сталей со стандартными показателями механических свойств.
2. Принятие парциальных микроизносов по адекватности поперечных сужений.
3. Определение коэффициента трения скольжения.
4. Вычисление показателей фрикционной усталости и оценке механизма изнашивания.
5. Оценка КПД.
6. Анализ результатов исследования.
7. Основные выводы и заключение.

Методика исследования

Применительно в выбранным маркам чугунов и сталей по их = относительным поперечным сужением (Ψ) адекватно принимаются парциальные микроизносы (D_a) нормализованной системы относительных опорных линий и сближений [1-6] -рис. 1.

По парциальным величинам микроизноса определяются коэффициенты трения скольжения [4]

$$f = (1 - D_a)^{1/D_a} \quad (1)$$

Показатель фрикционной усталости (1) вычисляется по апробированной зависимости

$$t = f^{2,681f} \quad (2)$$

Полученные значения сопоставляются с относительными величинами

$$t = 4e^{-D_a} \quad (3)$$

По показателям фрикционной усталости изнашивания оцениваются механизмы изнашивания шкива ограничителя скорости лифта:

при $t \leq 2$ – микрорезание (МР), при $2 \leq t < 3$ – малоцикловая усталость (МЦУ), при $t > 3$ – многоцикловая усталость (МНЦУ).

Результаты исследования

В таблице 1 представлены исходные и расчетные показатели чугунов [1,2]

Марка	$\Psi(D_a)$ %	f по (1)	t по (2)	t по (3)	Δ %	η %	Δ %	МИ
ВЧ35	60,5	0,244	2,460	2,184	11,31	40,58	1,45	МЦУ
ВЧ45	43,0	0,250	2,478	2,602	4,766	40,0	0,00	МЦУ
ВЧ60	26,5	0,266	2,515	3,069	18,05	38,5	3,75	МЦУ
ВЧ80	22,6	0,267	2,517	3,190	21,1	38,40	4,00	МЦУ
ВЧ100	22,6	0,267	2,517	3,190	21,1	38,40	4,00	МЦУ
КЧ30-6	34,9	0,261	2,500	2,822	11,41	39,00	2,50	МЦУ
КЧ37-12	46,5	0,257	2,495	2,513	0,716	39,34	1,65	МЦУ
КЧ45-7	37,2	0,262	2,506	2,757	9,105	38,90	2,75	МЦУ
КЧ60-3	26,5	0,266	2,515	3,069	38,29	38,50	3,75	МЦУ
ЧВГ-35	22,6	0,267	2,517	2,692	6,50	38,4	4,00	МЦУ
ЧВГ-40	20,2	0,267	2,517	3,268	22,98	38,4	4,00	МЦУ+ МНЦУ
ЧВГ-45	15,9	0,268	2,519	3,412	26,17	38,3	4,25	МЦУ+ МНЦУ

Коэффициент полезного действия (КПД) определяется по выражению

$$\eta = 1 / (1 + 6f) \quad (4)$$

Для условий сухого трения без проскальзывания КПД соответствует максимальному значению порядка 40% [4]

По результатам таблицы 1 можно сделать следующие выводы.

1. Полученные коэффициенты трения скольжения меньше граничного значения $t_f = 0,284$, что свидетельствует об изнашивании поверхности шкива по механизму малоцикловой усталости. Это подтверждается значениями

фрикционной усталости $2 \leq t < 3$. При использовании чугунов с вермикулярным графитом марки ЧВГ-40 и ЧВГ-45 возможно смешанное изнашивание по механизмам мало-и многоциклового усталости (МЦУ +МНЦУ).

2.Контрольно-дублирующее выражение (3) подтверждает обоснованность применения зависимости (2): расхождение между значениями находится в пределах $\Delta = 0,716-38,29$ % при незначительном среднем отклонении $\Delta = 15,81\%$.

3.Оценка КПД по выражению (4) показывает практическое совпадение с предельным значением $\eta=40\%$ режима сухого трения без скольжения:

расхождение составляет $\Delta = 0,00-4,25$ %, при среднем $\Delta = 3,01\%$.

4. На основании полученных результатов можно заключить, что шкив ограничителя из высокопрочных, ковких и с вермикулярным графитом чугунов нормализует работу ограничителя скорости.

В таблице 2 приведены начальные и расчетные показатели литейных сталей [2].

Таблица 2.Показатели литейных сталей

Марка	$\Psi(D_a)$ %	f по (1)	t по (2)	t по (3)	Δ %	η %	Δ %	МИ
30 Л	35	0,290	2,580	2,819	9,19	36,50	8,75	МЦУ+ МНЦУ
35 Л	25	0,316	2,594	3,115	16,7	34,53	13,68	МЦУ+ МНЦУ
40 Л	25	0,316	2,594	3,115	16,7	34,53	13,68	МЦУ+ МНЦУ
45 Л	20	0,328	2,605	3,275	20,4	33,70	15,75	МЦУ+ МНЦУ
50 Л	20	0,328	2,605	3,275	20,4	33,70	15,75	МЦУ+ МНЦУ
55 Л	18	0,322	2,608	3,341	21,9	33,42	16,45	МЦУ+ МНЦУ
35 ГЛ	25	0,316	2,594	3,115	16,7	34,53	13,68	МЦУ+ МНЦУ
35 ГСЛ	25	0,316	2,594	3,115	16,7	34,53	13,68	МЦУ+ МНЦУ

По результатам таблицы 2 можно сформулировать следующие выводы.

Значения коэффициента трения заметно превышают граничную величину $t_f=0,284$, что свидетельствует об изнашивании всех сталей по совместным

механизмам мало и многоциклового усталости. Такой вариант подтверждается показателями фрикционной усталости $t = 2,56-3,341$

2. Контрольно-дублирующие выражение (3) подтверждает зависимость (2) с расхождениями показателей усталости в пределах $\Delta = 9,19-21,9$ % при среднем предельном отклонении $\Delta = 17,3\%$.

3. Установленные механизмы изнашивания (МИ) дают основание рекомендовать изготовления шкива ограничителя скорости лифта из представленных сталей. Предпочтительной является литейная сталь 55 Л с более высокими показателями фрикционной усталости.

4. Расчетные значения КПД согласуются со значениями сухого трения без проскальзывания $f = 5-40\%$ [7,8], отклоняясь на $\Delta = 8-75 -16,45$ % при среднем $\Delta = 17,3\%$.

Анализ результатов

1. Полученные показатели находятся в положительной корреляции, подтверждающей обоснованность расчетных значений.

2. Сформулированные рекомендации направлены на нормализацию эксплуатационных условий тяговой канат-шкив ограничителя скорости лифта.

3. Результаты исследований предлагаются для практического применения в лифтостроении [7-8].

Библиографический список

1. Материаловедение: Учебник для вузов/ Б.Н.Арзамасов, В.Н.Макарова, Г.Г.Мухин и др. М.:Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2008-648 с

2. Справочник по конструкционным материалам: Справочник/Б.Н.Арзамасов, Т.В.Соловьева, С.А.Герасимов и др. М.:Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана

3. Густов Ю.И. Триботехника строительных машин и конструкций: Монография. Мос.Гос. строит. Ун-т-М: МГСУ, 2011-192 с

4. Густов Ю.И., Воронина И.В. Триботехнические показатели рабочих органов строительной техники//Строительные и дорожные машины, 2020, № 9, с 10-12

5. Марков Д.П. Конторы дегизионно-деформационной теории внешнего трения./В сборнике Трибология машиностроения. Труды XIУ Международной научно-технической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения А.П.Семенова. Москва, 2022, с 198-201.

6. Червяков С.В.. Ионов П.А. Повышение эффективности оценки триботехнических свойств конструкционных материалов. / В сборнике Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы. Межвузовский сборник научных трудов. Саранск, 20-16, с 374-377

7. Мечиев, А. В. Общеметодологический подход к оценке риска обеспечения конструктивной безопасности лифтов / А. В. Мечиев, Н. С. Севрюгина, М. А. Степанов // Механизация строительства. – 2017. – Т. 78, № 4. – С. 24-29. – EDN YHZHXX.

8. Sevryugina, N. S. Vertical transport: resource by the criterion of safety / N. S. Sevryugina, M. A. Stepanov // Magazine of Civil Engineering. – 2017. – No. 7(75). – P. 23-36. – DOI 10.18720/MCE.75.3. – EDN XPKZAD..

УДК 62-11

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АДГЕЗИОННОЙ ПРОЧНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ НАПОЛНИТЕЛЕЙ

Емельянов А. А., аспирант,

Научный руководитель: Баурова Н. И., д.т.н., профессор

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

Аннотация. В статье описывается опыт определения адгезионной прочности полимерного кремнийорганического покрытия с различными типами наполнителей.

Ключевые слова: Полимер, наполнители, адгезия, прочность, коррозия, кузов.

В последние годы для создания защитных покрытий автомобильных кузовов все шире используются различные полимерные покрытия.

Покрытия для защиты элементов кузовов должны обладать следующими свойствами [1-2]:

- хорошая адгезия к материалу подложки (из которого изготовлен элемент кузова);
- необходимые эксплуатационные свойства (прочность, твердость, эластичность и др.);
- хорошая стойкость к воздействию рабочих сред (воды, нефтепродуктов, отработавших газов, атмосферы, ультрафиолетового излучения);
- хорошая газо- и водонепроницаемость;
- обладать заданной температурной стойкостью.

Исследуемые покрытия представляют собой кремнийорганическую основу с различными наполнителями которые обеспечивают сочетания заданных свойств (за счет использования наполнителей).

Целью данного исследования является определение адгезионных свойств кремнийорганических покрытий с разными типами наполнителей, которые могут быть использованы для защиты элементов кузовов легковых автомобилей от коррозии. [3-4]

В качестве наполнителей, на основе обзора литературы были выбраны следующие наполнители [5-8]:

- углеродные нанотрубки (УНТ) – тонкие цилиндрические структуры с полусферическими торцами от одного до нескольких десятков нанометров; при добавлении в ПКМ позволяют улучшить их физико-механические показатели;

- графит – практически чистый углерод, обладающий высокой тепло- и электропроводностью; добавляется в ПКМ с целью придания химической стойкости, жесткости, прочности при растяжении;

- мел – при вводе в ПКМ увеличивает их твердость, жесткость, теплостойкость и стабильность размеров, обеспечивает легкость переработки материала;

- кварц (окись кремния) – обладает невысокой плотность и хорошо смешивается с полимерными материалами; добавляется в ПКМ для придания влагостойкости и показателей электроизоляционных свойств.

Образцы на которые наносилось полимерное покрытие были изготовлены из стали марки Ст3, размерами 6x10 мм. В качестве основного полимерного покрытия использовался кремнийорганический герметик марки ВГО-1 с различными видами наполнителей (рис. 1).



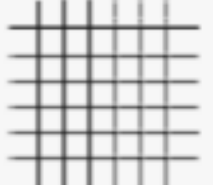
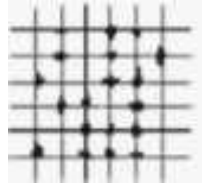
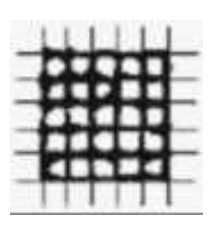
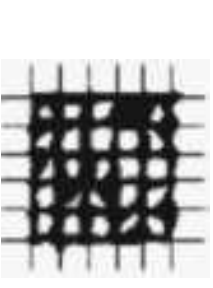
Рис. 1 – Внешний вид образцов после нанесения покрытий с различными наполнителями: 1 – эталонный образец без наполнителя; 2 – с углеродными нанотрубками; 3 – с окисью кремния; 4 – с графитом; 5 – с мелом.

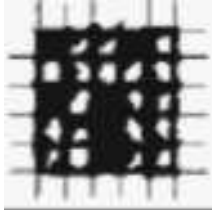
Стандартизированные методы оценки адгезионных свойств полимерных покрытий для элементов кузовов легковых автомобилей в настоящее время отсутствуют. Поэтому в данных исследованиях адгезионных свойств покрытий использовался метод решетчатых надрезов, широко применяемый для оценки свойств лакокрасочных покрытий (ГОСТ 31149-2014 (ISO 2409:2013)). Данный

метод используется для определения адгезии (устойчивости к отслаиванию) однослойного или многослойного покрытия или системы покрытий [4-7].

Суть метода решетчатых надрезов состоит в том, что на отвержденное полимерное покрытие при равномерном давлении на режущий инструмент, используя подходящий шаблон или линейку, наносят шесть надрезов при равномерной скорости резания в направлении от оператора длиной не менее 20 мм. Затем повторяют указанную операцию под углом 90° к первоначальным надрезам для получения решетки с четко выраженными точками пересечения. Затем при использовании микроскопа, при хорошем освещении, исследуется внешний вид поверхности надрезов в соответствии с ГОСТ 31149-2014 (табл. 1).

Таблица 1 – Классификация решетчатых надрезов в соответствии с ГОСТ 31149-2014

Оценка в баллах	Описание внешнего вида надрезов	Схема возможных видов отслаивания
0	Края надрезов полностью гладкие, не один из квадратов в решетке не отслоился	
1	Отслоение мелких чешуек покрытия на пересечении надрезов. Площадь отслоения немного превышает 5% площади решетки	
2	Покрытие отслоилось вдоль краев и/или на пересечении надрезов. Площадь отслоений немного превышает 5%, но не более 15% площади решетки.	
3	Покрытие отслоилось вдоль краев надрезов частично или полностью широкими полосами и/или отслоилось частично или полностью на различных частях квадратов. Площадь отслоений превышает 15%, но не более 35% площади решетки.	

Оценка в баллах	Описание внешнего вида надрезов	Схема возможных видов отслаивания
4	Покрытие отслоилось вдоль краев надрезов широкими полосами и/или некоторые квадраты отделились частично или полностью. Площадь отслоений превышает 35%, но не более 65% площади решетки.	
5	Любая степень отслаивания, которую нельзя классифицировать 4-ым баллом шкалы	

На основании полученных данных можно сделать вывод, что поврежденная поверхность не вступила в реакцию с окружающей средой, следов разрушения материалов не выявлено (всем образцам присваивается 0 баллов). Таким образом, благодаря обработке поверхностей полимерными композиционными полимерными материалами с различными дисперсными наполнителями можно обеспечить снижение разрушения поверхности металла от механических повреждений и влияния окружающей среды, тем самым создав эффект защиты между металлом и агрессивными средами [5, 8, 9]. Далее будет проведена серия эксплуатационных испытаний, для определения наиболее эффективного наполнителя для различных условий эксплуатации.

Библиографический список

1. Автомобильные эксплуатационные материалы: учебное пособие / Мифтахов М.Н., Сиппель И.Я. – Набережные Челны: ИНЭКА, 2011. – 316 с.
2. Зорин В.А., Баурова Н.И. Повышение безопасности дорожно-строительных машин и оборудования // Наука и техника в дорожной отрасли. 2009. № 1 (48). С. 39-40.
3. Турусов Р.А. Адгезионная механика. М. Сер. Библиотека научных разработок и проектов. – М.: НИУ МГСУ, 2016. – 214 с.
4. Ивановский С.К., Мельниченко М.А. Использование дисперсных наполнителей для создания композиционных материалов на основе полимерной матрицы // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). С. 91-93.
5. ГОСТ 31149-2014 Материалы лакокрасочные. Определение адгезии методом решетчатого надреза. – М.: Стандартинформ, 2014
6. Лапина Н.В., Баурова Н.И. Особенности применения клеев-расплавов при ремонте элементов системы охлаждения машин // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2015. № 10. С. 33-36.

7. Лапина Н.В. Баурова Н.И. Определение адгезионной прочности термопластичных полимерных материалов, используемых для ремонта дорожно-строительных машин // Механизация строительства. 2017. Т. 78. №8. С. 50- 54.

8. Баурова Н.И. Определение устойчивости полимерных композиционных материалов к длительному воздействию многоциклового нагружения // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2013. № 4. С. 16-21.

9. Оценка работоспособности и долговечности восстановленных деталей и соединений / И. Н. Кравченко, С. А. Величко, А. В. Мартынов [и др.] // Технология металлов. – 2023. – № 7. – С. 42-48. – DOI 10.31044/1684-2499-2023-0-7-42-48.

УДК 678.7-1

СВОЙСТВА АДГЕЗИИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Кононенко П. А., студент 4 курса

Научный руководитель: Апатенко А. С., д.т.н.

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ

Аннотация. Сделан анализ теорий адгезии. Теоретически обосновано влияние структуры и химического состава полимерных материалов, а также их механических свойств на адгезионную прочность соединений.

Ключевые слова: адгезия, полимеры, восстановление, модуль упругости, модуль сдвига.

Введение. Современный опыт эксплуатации автотракторной техники показывает, что восстановление изношенных деталей современными технологиями с применением полимерных материалов позволяет уменьшить расход запасных частей и сократить простои машин. Полимеры все шире используются при восстановлении техники, что позволяет снизить фреттинг-коррозию рабочих поверхностей валов в месте контакта с подшипниками качения и зубчатыми колесами, повысить герметичность фланцев, а также уменьшить нагрев деталей при замене сварочных операций склеиванием.

Однако, полимерные материалы, используемые при восстановлении узлов и агрегатов, не всегда имеют высокую адгезионную прочность к поверхностям деталей, поэтому целью настоящей работы является обоснование влияния

структуры и химического состава полимерных материалов, а также их механических свойств на адгезионную прочность соединений.

Анализ теорий адгезии. Адгезия представляет собой поверхностное явление, заключающееся в возникновении механической прочности при контакте поверхностей двух разных тел. Основными компонентами адгезионного соединения являются твердое тело – субстрат и клеящий агент – адгезив, а смысл явления адгезии заключается в образовании прочного контакта (склеивания) между субстратом и адгезивом. [1, 2].

В настоящее время известно несколько теорий адгезии, которые по-разному описывают адгезионное взаимодействие различных поверхностей. Это механическая (микрореологическая), адсорбционная (молекулярная), химическая, электрическая и диффузионная теории адгезии [3, 4]:

Суть механической теории заключается в том, что адгезия осуществляется за счет попадания полимера в трещины или поры на поверхности субстрата с последующим затвердеванием. Значительную роль в обеспечении прочности адгезионного соединения играет механическое сцепление адгезива и субстрата. Согласно адсорбционной теории адгезия является результатом взаимодействия между субстратом и адгезивом за счет межмолекулярных сил. Для получения прочного клеевого соединения согласно *химической* теории адгезии необходимо, чтобы склеиваемые материалы взаимодействовали между собой с образованием химических связей через границу раздела фаз. В соответствии с электрической теорией, адгезия образуется путем контактной электризации, которая происходит при тесном соприкосновении адгезива и субстрата. Согласно диффузионной теории адгезии, прочность клеевого соединения обусловлена взаимной диффузией полимеров (или других материалов) через границу раздела фаз.

Анализ показал, что до настоящего времени нет единой, общепринятой теории адгезии. Однако, адсорбционная теория, которая также называется молекулярной или адсорбционно-молекулярной, имеет большее преимущество за счет того факта, что на границе раздела «субстрат-адгезив» находится большое количество молекулярных сил, и этого количества вполне достаточно для достижения высокой адгезионной прочности [5, 6].

Результаты теоретического исследования. Согласно адсорбционной теории адгезии, мы можем рассмотреть величину адгезионной прочности на основе системы «субстрат–полимер». В этом случае действие межмолекулярных сил двух разнородных материалов при межфазном взаимодействии отождествляют с работой адгезии, $W_{\text{Адг}}$, Дж/м². Используя уравнения Дюпре [4], выразим работу адгезии, которую необходимо получить, чтобы разделить поверхности двух фаз, через свободную поверхностную и межфазные энергии:

$$W_{\text{АдГ}} = \gamma_{\text{П}_1} + \gamma_{\text{П}_2} - \gamma_{\text{П}_1-\text{П}_2}, \quad (1)$$

$\gamma_{\text{П}_1}$ – свободная поверхностная энергия субстрата, Дж/м².

$\gamma_{\text{П}_2}$ – свободная поверхностная энергия полимера, Дж/м².

$\gamma_{\text{П}_1-\text{П}_2}$ – энергия границы раздела фаз субстрата и полимера, Дж/м².

Получаем, что работа адгезии имеет большее значение при относительно высоких значениях свободной поверхностной энергии субстрата и полимера и относительно низком значении энергии раздела фаз субстрата и полимера.

Было установлено, что смачивание является одним из важнейших факторов, который определяет качество адгезионного соединения.

Ученые Джирифалко и Гуд [4, 7], получили соотношение, в котором свободная и межфазная энергии двух сред были связаны выражением:

$$\gamma_{\text{П}_1-\text{П}_2} = \gamma_{\text{П}_1} + \gamma_{\text{П}_2} - 2\Phi\sqrt{\gamma_{\text{П}_1} \times \gamma_{\text{П}_2}}, \quad (2)$$

где Φ – отношение обратимой работы энергии к геометрическому среднему работы когезии субстрата и полимера;

Величину Φ можно определить из выражения:

$$\Phi = \frac{4(V_{\text{П}_1} \times V_{\text{П}_2})^{1/3}}{(V_{\text{П}_1}^{1/3} + V_{\text{П}_2}^{1/3})^2}, \quad (3)$$

где $V_{\text{П}_1}$ и $V_{\text{П}_2}$ – молекулярный объем субстрата и полимера.

Из этого уравнения получаем, что работа адгезии равна:

$$W_{\text{АдГ}} = 2\Phi\sqrt{\gamma_{\text{П}_1} \times \gamma_{\text{П}_2}}, \quad (4)$$

Существуют следующие типы разрушения [2]:

- адгезионное, при котором полимер полностью отслаивается от субстрата;
- когезионное – разрушение по полимеру или по субстрату;
- смешанное, когда происходит частичное разрушение по субстрату и / или по полимеру.

Адгезионное разрушение наиболее полно представляет собой адгезию. Но не стоит забывать, что работа, необходимая на деформацию полимера зависит от когезионной прочности полимера, поэтому предположим, что для обеспечения требуемой разрывной мощности при отрыве полимера от субстрата работы адгезии и когезии должны быть равны.

Получим:

$$W_{\text{АдГ}} = W_{\text{ДЕФ}}, \quad (5)$$

где $W_{\text{ДЕФ}}$ – работа, которую необходимо затратить на деформацию полимера, которая предшествует разрушению системы, Дж/м².

Кэйбл [4] заметил и отразил в своих трудах такую закономерность, что между работой деформации, которая необходима для отделения полимера от субстрата, и механическими свойствами полимера существует зависимость.

Исходя из того, что работа адгезии равна работе деформации, предположим, что напряжение, которое возникает при отрыве полимера, равно напряжению разрыва при растяжении полимера. Обозначим это напряжение буквой σ_B получим следующую зависимость:

$$W_{\text{АДГ}} = W_{\text{ДЕФ}} = \frac{bl\sigma_B^2}{E}, \quad (6)$$

где b и l – ширина и длина нанесенного слоя полимера, м (обозначим площадь контакта полимера с субстратом буквой $S=b \times l$, м².);

σ_B – напряжение при отрыве полимера, Па;

E – модуль упругости полимера при отрыве, Па;

Вследствие того, что при изменении толщины полимера, происходит переход растягиваемого материала от плосконапряженного к плоскодеформированному напряженному состоянию, происходит деформация сдвига G (Па), которая впоследствии приводит к разрушению. Исходя из предыдущих зависимостей запишем касательное разрушение полимера в следующем виде:

$$G = \sigma_s a \varepsilon, \quad (7)$$

где a – толщина нанесенного слоя полимера, м; ε – относительное удлинение толщины слоя полимера при растяжении, %.

Выразим из формулы (7) напряжение разрыва полимера при его растяжении и получим:

$$\sigma_s = \frac{G}{a\varepsilon}, \quad (8)$$

Теперь подставим полученное выражение (8) в уравнение (6):

$$W_{\text{ДЕФ}} = \frac{SG\sigma_B}{Eas}, \quad (9)$$

Исходя из уравнения (5) получаем:

$$2\Phi\sqrt{\gamma_{\text{П1}} \times \gamma_{\text{П2}}} = \frac{SG\sigma_B}{Eas}, \quad (10)$$

Теперь выразим из полученного уравнения σ_B :

$$\sigma_B = \frac{2\Phi\sqrt{\gamma_{\text{П1}} \times \gamma_{\text{П2}}} E a \varepsilon}{SG}, \quad (11)$$

Проанализировав это уравнение, можно заключить, что напряжение при отрыве полимера зависит от фазовой структуры и химического состава материалов этого соединения, а также от количества используемого полимера. Значение напряжения при отрыве полимера будет возрастать с увеличением значения модуля упругости полимерных материалов и с уменьшением значения модуля сдвига. При этом работа адгезии будет зависеть от модулей упругости полимерных материалов и сдвига, от фазовой структуры и химического состава материалов этого соединения [8, 9].

Выводы:

1. Адгезия представляет собой явление возникновения механической прочности при контакте поверхностей двух разных тел. Субстрат (твердое тело) и адгезив (клеящий агент) являются основными компонентами адгезионного соединения, вследствие этого, смысл явления адгезии заключается в образовании прочного контакта (склеивания) между субстратом и адгезивом.

2. Фазовая структура и химический состав материалов, используемых в соединении, оказывают влияние на адгезионную прочность, которая при прочих равных условиях возрастает прямо пропорционально модулю упругости и обратно пропорционально модулю сдвига.

Библиографический список

1. Баурова Н.И. Применение полимерных композиционных материалов при производстве и ремонте машин: учеб. пособие / Н.И. Баурова, В.А. Зорин. – М.: МАДИ, 2016. – 264 с.

2. Apatenco, A. S. Methods of recruiting of mobile repair services and maintenance of machines performing reclamation works / A. S. Apatenco, N. S. Sevryugina // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : International Scientific Conference Interstroyemh - 2019, ISM 2019, Kazan, 12–13 сентября 2019 года. Vol. 786. – Kazan: Institute of Physics Publishing, 2020. – P. 012037. – DOI 10.1088/1757-899X/786/1/012037.

3. Кононенко, А.С. Технологические процессы реновации машин и оборудования полимерными материалами: учебно-методическое пособие / А.С. Кононенко. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2022. – 45 с.

4. Поздняков, С.П. Восстановление герметичности корпусных деталей сельскохозяйственной техники полимерными наноконпозициями [Текст]: автореферат дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / Поздняков Сергей Петрович. – М., 2012. – 18 с.

5. Эбич, Ю.Р. Емельянов, Ю.В. Зыбайло, С.Н. Полоз, А.Ю. Клеи конструкционного назначения на основе хлорсодержащих полимеров : монография – Днепр : ГВУЗ УГХТУ, 2016 – 375 с.

6. Полимерные композиционные материалы / С.Л. Баженов, А.А. Берлин, А.А. Кульков, В.Г. Ошмян. – Долгопрудный: Интеллект, 2010. – 352 с.

8. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология / под ред. Берлина А.А. СПб: Профессия, 2009. – 556с.

9. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – Москва : ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с. – ISBN 978-5-6049928-2-1.

РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ЗАКАТКЕ БАЛЛОНОВ

Кузьмин Д. Г., кандидат технических наук

ГК «КСК» (Ключевые Системы и Компоненты), Тверь, РФ

Аннотация. Представлена методика расчета мощности деформации при закатке днищ баллонов, при которой инструмент совершает движение к центру баллона с переменным обжатием по длине контактной зоны. За один оборот происходит деформация трубы. Полная мощность включает мощность среза, мощность формоизменения и мощность трения

Ключевые слова: пластичность, деформация, закатка, баллоны, мощность

Введение. Задача создания методики расчета энергосиловых параметров при закатке баллонов включает разработку методов расчета верхних оценок энергосиловых параметров.

Схема закатки днищ баллонов показана на рис.1. Баллон 1 зажат в шпинделе закатной машины и вращается, а инструмент 2 поворачивается, вращаясь, а инструмент 2 поворачивается, вращаясь относительно точки О. При этом осуществляется закатка днища.

Цель и задачи исследования. Поскольку методов решения такой сложности задачи неизвестно, поставлена цель подобрать кинематически допустимое поле скоростей течения и определить верхнюю границу усилий [1]. В расчете принималось, что инструмент совершает движение к центру баллона с переменным обжатием по длине контактной зоны. За один оборот происходит деформация трубы. Затем снова осуществляется мгновенная подача инструмента и обжатие за оборот

Методы исследования. Рассмотрим методику выбора кинематически допустимого поля скоростей для деформации при закатке днища баллона. Расположение системы цилиндрических координат показано на рис.2. Ось z перпендикулярна к плоскости чертежа. Компоненты скорости в радиальном и тангенциальном направлениях обозначим U и V , а вдоль оси z – W .

Компоненты тензора скорости деформации определяются в соответствии с работой [2,3].

Кинематически допустимое поле скоростей должно удовлетворять условиям: несжимаемости, краевому условию (по границе с инструментом, рис.2 $U = V\theta$ при $r = R$); краевому условию непрерывности нормальной компоненты скорости на границах жестких зон (жесткие зоны вращаются вокруг

оси z). В частности, если такими границами являются поверхности $\theta = 0$ и $\theta = \alpha$ (рис.2), то при $\theta = 0$ и $\theta = \alpha$, $V = \omega r$.

Простейшему возможному полю соответствуют

$$U = -\frac{\omega R^2 \theta}{r}; V = \omega r; W = 0. \quad (1)$$

где ω – угловая скорость вращения заготовки.

В расчете принято, что $W = 0$, так как скорости деформаций в радиальном и тангенциальном направлениях значительно больше, нежели вдоль оси заготовки. Такое поле обеспечивает выполнение условия несжимаемости и краевых условий b и v .

При $\theta = 0$, $W = 0$; $V = \omega r$.

При $U = -\frac{\omega R^2 \alpha}{r}$; $W = 0$; $V = \omega r$, т. е. при $\theta = \alpha$; U – терпит разрыв.

Мощность среза на линии разрыва скорости U

$$A_c = k \int_{R_B}^{R_H} U dr. \quad (2)$$

Мощность формоизменения

$$A_\phi = k \iiint_V H r dr d\varphi dz = k \int_{l_1}^{l_2} dz \int_0^\alpha d\varphi \int_{R_B}^{R_H} H r dr \quad (3),$$

где l_1 и l_2 – координаты начала и конца зоны контакта инструмента с заготовкой; $k = \frac{\sigma_s}{\sqrt{3}}$ – предел текучести при сдвиге; σ_s – предел текучести; R_B – внутренний радиус заготовки; R_H – наружный радиус заготовки; H – интенсивность скоростей деформаций,

$$H = \sqrt{4 \left(\frac{\varepsilon_r^2}{r} + \frac{\varepsilon_z^2}{z} + \frac{\varepsilon_r \varepsilon_z}{r z} \right) + \frac{\gamma_{r\theta}^2}{r\theta} + \frac{\gamma_{rz}^2}{rz} + \frac{\gamma_{\theta z}^2}{\theta z}};$$

ε_r ; ε_z – компоненты скоростей деформаций растяжения;

$\gamma_{r\theta}$; γ_{rz} ; $\gamma_{\theta z}$ – компоненты скоростей деформаций.

Мощность среза

$$A_c = k\omega R^2 \alpha \ln \frac{R_H}{R_B} \approx k\omega R^2 \alpha \ln \frac{h_x}{R_B} \approx k\omega R \alpha h_x \quad (4)$$

Мощность формоизменения

$$A_\phi = k\omega R \alpha h_x \quad (5)$$

Мощность трения

$$A_T = t\omega R \alpha = t\omega R^2 \alpha \quad (6)$$

Полная мощность

$$A = A_c + A_\phi + A_T = 2k\omega R \alpha h_x + t\omega R^2 \alpha \quad (7)$$

Приравняем эту величину мощности внешних сил

$$A = M\omega = t\omega r^2 \alpha + \omega Q_{cp} R^2 \alpha^2 \psi = \omega R^2 \alpha Q_{cp} (\mu + \alpha \psi), \quad (8)$$

от куда

$$Q_{cp} = \frac{2kh_x}{R\alpha\psi} \quad (9)$$

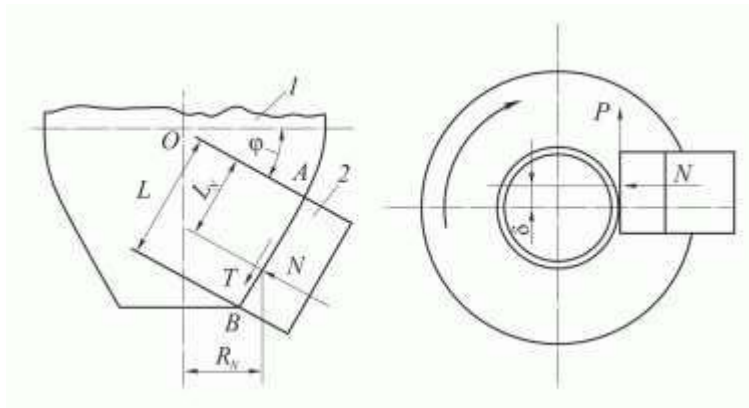


Рис.1 – Схема усилий, возникающих при закатке днищ: 1- баллон; 2- инструмент

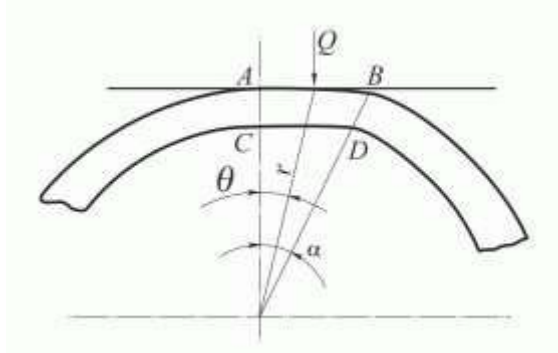


Рис.2 – Схема деформации при закатке днища

$$N = \frac{2kh_x}{R \propto \psi} R \propto L \cos \varphi \approx \frac{2khL}{\psi}; \quad (10)$$

$$h = h_x \cos \varphi,$$

где Q_{cp} – среднее удельное усилие; N – нормальное давление металла на инструмент; h_x – толщина стенки, измеренная в радиальном направлении; h – толщина стенки, измеренная по нормали к контактной поверхности; ψ – коэффициент, характеризующий положение усилия на контактной поверхности; μ – коэффициент трения.

При $\psi=0,5$ усилие приложено в центре площадки и равно

$$N = 4khL, \quad (11)$$

где L – длина зоны контакта.

Из равновесия элемента $ABDC$ (см. рис.2) видно, что усилие Q уравнивается усилиями среза вдоль AC и BD . Вдоль BD имеет место разрыв скорости U и $\tau_{r\theta}$ вдоль AC запишем

$$\tau_{r\theta} = \frac{k}{H} \gamma_{r\theta} = \frac{k\omega \frac{R^2}{r^2}}{\frac{\omega R^2}{r^2} \sqrt{1 + 4\theta^2}} = \frac{k}{\sqrt{1 + 4\theta^2}}$$

Поскольку θ^2 мало по сравнению с единицей, $\tau_{r\theta}$ очень близко к величине k , т.е. и вдоль AC и BD можно принять $\tau_{r\theta} = k$.

Суммарное давление металла на инструмент

$$N = 2kLh. \quad (12)$$

Формула (12) подтверждается экспериментальными данными работы [3]. Это свидетельствует о том, что коэффициент $\psi > 0,5$ близок к единице, т.е. точка приложения равнодействующей близка к ВД. Можно выбрать ряд полей скоростей течения, удовлетворяющих условиям для скоростей и удовлетворительно описывающих формоизменение металла, но при этом расчеты становятся весьма сложными. Поэтому и было принято простое поле, основанное на допущении $W=0$, что дает завышенную величину усилий. Из рис. 1 видно, что момент, приложенный на оси поворота инструмента, равен

$$M_{\text{зач}} = NL_N + TR, \quad (13)$$

где L_N – расстояние от оси вращения инструмента до точки приложения равнодействующей.

В связи с тем, что скорость скольжения заготовки относительно инструмента в направлении усилия T во много раз меньше, нежели вдоль усилия P , влиянием усилия T на момент закатки можно пренебречь, и тогда

$$M_{\text{зач}} = NL_N. \quad (14)$$

Момент, приложенный к заготовке со стороны двигателя, можно определить:

$$M_{\text{дв}} = \frac{NfR_N}{\cos\varphi} + \frac{N\rho}{\cos\varphi} = \frac{N(fR_N + \psi B_N)}{\cos\varphi}. \quad (15)$$

Подставив в уравнение (15) значения R_N и B_N получим

$$M_{\text{дв}} = \frac{N}{\cos\varphi} \left[f \left(R + \frac{1}{3} L \sin\varphi \right) + \frac{2}{3} \psi B \cos\varphi \right], \quad (16)$$

где ρ – смещение равнодействующей от оси вращения заготовки; B_N – ширина контактной площадки в месте приложения равнодействующей; f – коэффициент трения в направлении действия усилия P ; φ – угол поворота инструмента.

Длина контактной площади с достаточной степенью точности может быть определена по формуле

$$L = 0,9 R_0(1,57 - \varphi), \quad (17)$$

где R_0 – исходный радиус заготовки; φ – угол поворота инструмента в рад.

Ширина контактной площади на конце заготовки

$$B = \sqrt{R_{n-1}^2 - R_n^2} + R_n \beta, \quad (18)$$

где R_{n-1} – радиус заготовки за один оборот до рассматриваемого момента; R_n – радиус в рассматриваемый момент времени; β – угол увеличения ширины контактной площади за счет упругого восстановления заготовки.

Принимая деформацию плоской (т.е. течение металла вдоль оси z отсутствует, $W=0$) и исходя из постоянства объемов вдоль контактной площади, можно получить формулу для определения толщины стенки заготовки в любой момент закатки в середине контактной площади:

$$h_{\text{хсп}} = R_{\text{ср н}} - \sqrt{R_{\text{ср}}^2 - 2R_{0\text{ср}}h_0} \quad (19)$$

где $h_{\text{хсп}}$ – средняя толщина стенки; $R_{\text{ср н}}$ – средний наружный радиус посередине контактной площадки;

$$R_{\text{ср н}} = 0,4R_0(1,57 - \varphi)^2 + \frac{L \sin \varphi}{2}; \quad (20)$$

$R_{0\text{ср}}$ – средний радиус исходной заготовки; h_0 – исходная толщина стенки заготовки.

Расчетом было установлено, что характер изменения толщины стенки заготовки вдоль контактной площадки близок к прямолинейному [3-5].

В связи с тем, что нормальное давление металла на инструмент изменяется прямо пропорционально изменению толщины стенки, эпюра удельных усилий вдоль контактной площади имеет вид треугольника. Расстояние от оси вращения инструмента до точки приложения равнодействующей можно определить по формуле

$$L_N = \frac{2}{3}L. \quad (21)$$

Закатка горловины баллона осуществляется поворотом специально спрофилированного инструмента на вращающуюся заготовку. Формовка горловины заканчивается при повороте инструмента на 90^0 . Схема усилий, возникающих при закатке горловины баллонов, показана на рис.3.

Толщина стенки определяется так же, как и в случае закатки днища баллона. Момент закатки

$$M_{\text{зак}} = (N \cos \alpha \pm P \sin \alpha) \frac{2}{3}L. \quad (22)$$

Момент на двигателе

$$M_{\text{дв}} = N(a + fR_N \cos \varphi + f_1 R_N \sin \varphi), \quad (23)$$

где a – плечо усилия N относительно оси заготовки; f_1 – коэффициент трения в направлении действия усилия T ; α – угол наклона линии действия нормального давления металла на инструмент, см. рис.3.

Знак \pm в формуле (22) зависит от направления вращения заготовки. По мере вращения инструмента от 0 до 90^0 угол наклона линии действия нормального давления α изменяется от некоторой величины α_0 до 90^0 . Угол α можно определить графически. Было проведено графическое исследование влияния угла подачи инструмента на один оборот заготовки φ_0 , применяемого на практике. Было также проведено исследование изменения угла α при закатке больших баллонов. Установлено, что в пределах размеров, обусловленных сортаментом на большие баллоны угол α с достаточной степенью точности может быть определено по формуле

$$\alpha = 39 + 20,6 \varphi^2. \quad (24)$$

Ширина контактной площади определяется графо-аналитическим методом, рис.3.

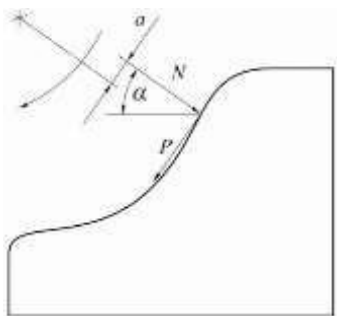


Рис. 3 – Построение профиля закатного инструмента

Выводы

Проведены исследования силовых параметров закатки на лабораторной установке. Закатка баллонов осуществлялась на токарном станке и специальном приспособлении.

В качестве заготовки служили свинцовые трубы диаметром 30 и 50 мм с толщиной стенок 2 и 4 мм. В процессе закатки заготовки вращались со скоростью 230 и 475 об/мин, при угле подачи инструмента на один оборот заготовки $\varphi_0 = (18)^\circ$ и $\varphi_0 = (41)^\circ$. Для проведения экспериментов сконструирован специальный инструмент с наклеенными на нем датчиками сопротивления.

При проведении эксперимента было закатано свыше 200 образцов различных размеров, при разных режимах подачи инструмента и скорости вращения заготовки. Помимо перечисленных данных, для всех баллонов определялся размер, характеризующий точку приложения равнодействующей давления металла на инструмент. На разрезанных днищах и горловинах баллонов измерялись толщина стенки на сферической части и определяется характер ее изменения.

Температура нагрева концов заготовок под закатку $t = 1150^\circ\text{C}$. Материал заготовок – сталь 45.

Сравнение результатов, полученных по теоретическим формулам можно с достаточной точностью определить силовые параметры закатки.

Нормальное давление металла на инструмент и момент закатки изменяются прямо пропорционально изменению толщины стенки заготовки и ее радиуса. Изменение силовых параметров закатки с изменением технологических режимов происходит пропорционально изменению предела текучести материала заготовки, вследствие изменения скорости деформации. При определении толщины стенки заготовки можно принимать допущение о плоской деформации [6].

Библиографический список

1. Бровман Т.В. Анализ пластической деформации методом обратных задач. / Физика и химия обработки материалов. 2023, №2, с.78-81.
2. Бровман Т.В. Исследование функциональной симметрии энергосиловых параметров пластической деформации металлов/ Вестник машиностроения. 2023. Т. 102. № 2. С. 173-176.
3. Кузьмин Д.Г. Фрикционный процесс обработки давлением / Сборник научных трудов «Новые материалы и технологии в машиностроении», выпуск 35. Брянск: Брянский государственный инженерно-технологический университет. 2022. С.9-12.
4. Макаров Н.А. Устойчивость симметричной пластической деформации при прокатке / В сборнике: МашТех 2022. Инновационные технологии, оборудование и материальные заготовки в машиностроении. сборник трудов Международной научно-технической конференции. Москва, 2022. С. 119-122. 24 - 26
5. Бровман Т.В., Бабенко Н.Е. Локальная пластическая деформация полых заготовок/ Металлы. 2014. №4. С.23–29.
6. Апатенко, А. С. Анализ процессов и причины снижения интенсивности эксплуатации технологических машин / А. С. Апатенко // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2013. – № 3(59). – С. 49-51. – EDN TEFXNZ.

УДК 621.771.001

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРХНИХ ОЦЕНОК МОЩНОСТИ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Макаров Н. А., ассистент, аспирант

Тверской государственный технический университет, Тверь, РФ

Аннотация. Получены формулы для величин мощности и момента пластической деформации методом построения кинематически допустимых полей скоростей, включающие вращающиеся жесткие зоны и отделяющие пластическую зону от жестких, совпадающие с дугами окружностей.

Ключевые слова: деформация, мощность, кинематически допустимые поля скоростей.

Введение. Энергетические методы расчета мощности деформации построением кинематически допустимых полей скоростей позволяют определить верхнюю оценку мощности деформации. Возможны поля, состоящие из большого числа жестких зон, но для случаев, когда отношение длины зоны пластической деформации к ее толщине не превышает двух, можно применять поля, состоящие из трех жестких зон [1, 2].

Цель и задачи исследования. Построение точного решения задачи пластической деформации, отделяющее пластическую зону от жестких зон, совпадающих с дугами окружностей. Получение формул для величин мощности и момента прокатки.

Методы исследования. Рассмотрим кинематически допустимые поля скоростей, состоящие из жестких зон, хотя бы часть которых совершает вращение относительно известной оси [2, 3]. В этом случае как показано ниже, границами указанных зон могут быть только цилиндрические круговые поверхности. Начнем с рассмотрения плоской деформации при прокатке, рис. 1 – ввиду симметрии показана половина заготовки.

Пусть жесткие зоны левее AC и правее BC перемещаются в направлении оси x со скоростями v_0 и $v_1 = v_0\lambda$, где $\lambda = \frac{h_0}{h_1}$ – коэффициент вытяжки. Зона ABC вращается совместно с валком, и их угловая скорость равна ω (т.е. имеет место «прилипание», и мощность сил трения равно нулю). В любой точке D условие равенства нормальных компонентов, т.е. проекций на нормаль к линии BC , определяет форму линии BC (нормальные компоненты в точке D – скорости движения $v_1 \sin \alpha$ и скорости вращения $v_2 = \rho\omega \sin(\alpha + \theta)$, где ρ и θ – полярные координаты точки D относительно центра валка, рис. 1).

Принимаем $\rho \sin \theta = x$; $\rho \cos \theta = R + 0,5h_1 - y$; $\operatorname{tg} \alpha = \frac{\phi}{dx}$, получаем дифференциальное уравнение линии BC

$$\frac{dy}{dx} \left(\frac{v_1}{\omega} - R - 0,5h_1 + y \right) + x = 0. \quad (1)$$

Решение уравнения (1) при краевом условии $y = 0,5h_1$ и $x = 0$ имеет вид

$$(y - 0,5h_1 + Rs)^2 + x^2 = (Rs)^2, \quad (2)$$

где $s = \frac{v_1}{\omega R} - 1$ – опережение.

Переход от неизвестной величины v_1 к безразмерному параметру s упрощает вычисления.

На поверхности AB все точки имеют постоянную скорость, но ввиду того, что на BC имеет место разрыв тангенциальной компоненты, скорость внешней зоны может отличаться от скорости валков.

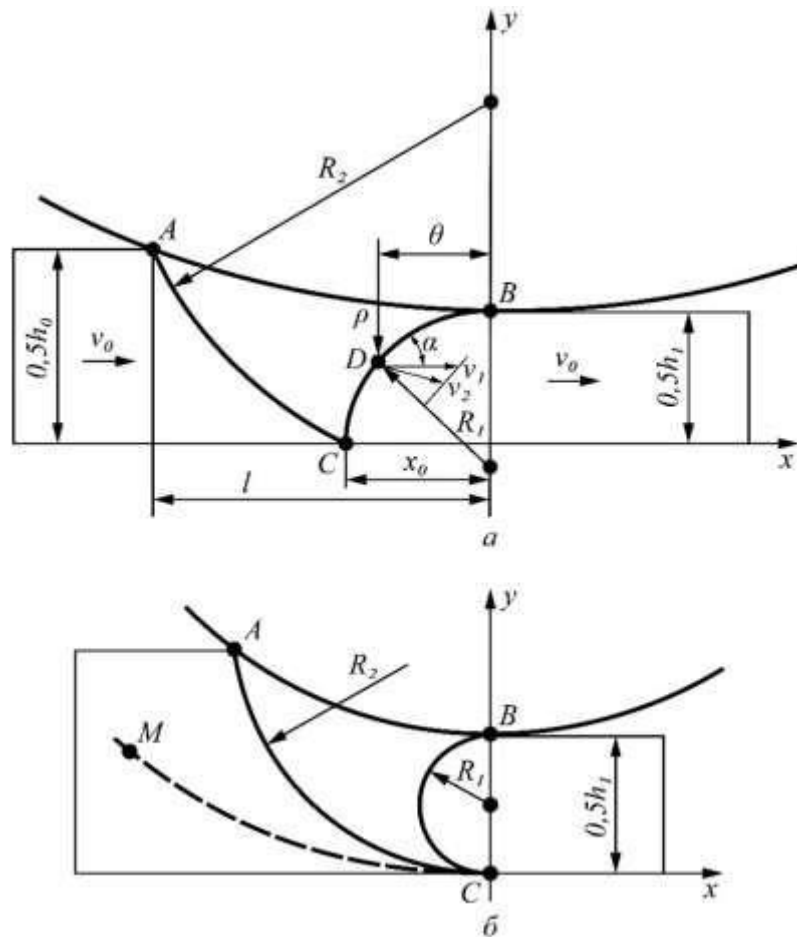


Рис. 1 – Кинематически допустимое поле скоростей с тремя жесткими зонами, одна из которых совершает вращательное движение: *а* – при $R_2 > 0,5h_1$; *б* – предельный случай $R_2 = 0,25h_1$

Возможны поля, состоящие из большого числа жестких зон, но для случаев, когда отношение длины зоны пластической деформации к ее толщине не превышает двух, можно применять простые поля, состоящие из двух – трех жестких зон.

Из равенства (1) и (2) следует, что линии BC являются окружностью радиусом $R_1 = Rs$ с центром на оси y , поэтому она касается окружности вала в точке B . Минимально возможная величина опережения будет иметь место, если радиус R_1 окружности BC составит $0,25h_1$, т.е. $s = \frac{0,25h_1}{R}$ (рис. 1, *б*), и при меньших величинах s данное, кинематически допустимое, поле скоростей невозможно. Разрыв тангенциальной компоненты скорости вдоль BC равен $\Delta v = v_1 \cos \alpha - \omega \rho \cos(\alpha + \theta)$. В результате расчетов с учетом равенств (1) и (2) получаем $\Delta v = R_1 \omega = R \omega s$.

Аналогично составляем дифференциальное уравнение дуги AC , приняв проекции на нормаль скоростей $v_0 = \frac{v_1}{\lambda}$ и $\omega \rho$.

В результате получаем уравнение окружности $x_0 = R\sqrt{\frac{sh_1}{R} - \frac{h_2}{4R^2}}$

,проходящей через точку C с координатами $x = -x_0, y = 0$. Линия AC является дугой окружности радиусом

$$R_2 = \frac{R}{\lambda} \sqrt{(1+s-\lambda)^2 + \lambda(\lambda-1)(1+s)} \frac{h_1}{R}. \quad (3)$$

Центр окружности AC расположен на оси y . Разрыв тангенциальной скорости вдоль AC равен $\Delta v = \omega R_2$. Линия AC обязательно проходит через точку A с координатами $x = -l = \sqrt{R\Delta h - 0,25\Delta h^2}, y = 0,5h_0$ (здесь $\Delta h = h_0 - h_1$ – обжатие); подставив эти величины в выражение (3), получим тождество, что подтверждает правильность построенного поля скоростей.

Определить опережение s из кинематических условий в этом поле нельзя, естественно определить его из условия минимума мощности среза вдоль AC и BC . Эта мощность равна $N = kbR_1l_1\omega + kbR_2l_2\omega$; здесь l_1 и l_2 – длины дуг BC и AC ; b – ширины прокатываемой заготовки. В результате расчетов получаем

$$N = k\omega bR^2 f(\lambda, a, s), \quad (4)$$

где $f(\lambda, a, s)$ – функция параметров $\lambda, s, a = \frac{h_1}{2R}$, равная

$$f(\lambda, a, s) = \varphi(s, a, \lambda) + \frac{2}{\lambda^2} [(\lambda - 1 - s)^2 + 2a\lambda(\lambda - 1)(1 + s)] \times \\ \times \arcsin \left[\lambda \sqrt{0,5a \sqrt{\frac{(\lambda-1)(a+1)+s-\sqrt{(\lambda-1)(2s-a)(2+a-a\lambda)}}{(\lambda-1-s)^2+2a\lambda(\lambda-1)(1+s)}}} \right]; \quad (5)$$

функция $\varphi(s, a, \lambda)$ характеризует мощность среза вдоль линии BC ;

$\varphi(s, a, \lambda) = s^2 \left[\pi - \arcsin \sqrt{\frac{a(2s-a)}{s^2}} \right]$, если $s \leq a$; $\varphi(s, a, \lambda) = s^2 \arcsin \sqrt{\frac{a(2s-a)}{s^2}}$

при $s > a$. В первом случае угол, соответствующий дуге BC , равен или превышает 90° . Укажем, что если ввести, как обычно при прокатке, величину $m = 2l(h_0 + h_1)$, то $a = \frac{2(\lambda-1)}{[m^2(\lambda+1)^2]}$.

Момент прокатки (на одном валке) равен $M = kbR^2 f(\lambda, a, s)$, а среднее давление можно определить, только приняв определенный коэффициент положения равнодействующей на дуге AB . Если принять его равным 0,5 [2, 3], то $p = 2kn$, $k = \frac{\sigma_T}{\sqrt{3}}$, $n = \frac{f(a,\lambda,s)}{a(\lambda-1)(2-a\lambda+a)}$.

Результаты расчетов, полученные с применением ЭЦВМ, представлены на рис. 2 в виде графиков $n_\sigma(m)$ при $\lambda = 1,2$ (линия 1) и $\lambda = 2,0$ (линия 2); диапазон, соответствующий $1,2 \leq \lambda \leq 2,0$, на рис.2 заштрихован.

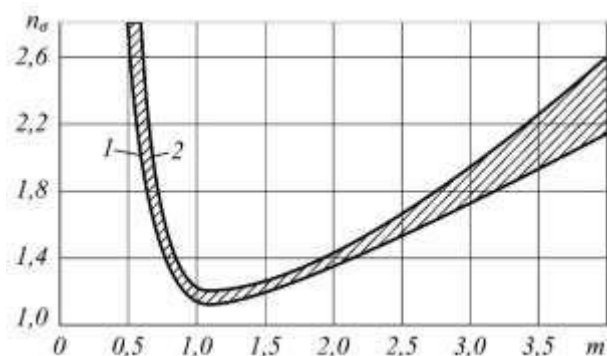


Рис. 2 – Графики $n_{\sigma}(m)$ при пластической деформации

Отметим, что рассмотренное поле скоростей применимо и для задач, в которых (рис. 1) жесткая зона левее AC вращается вокруг оси валка (а не движется поступательно – в этом случае ее форма соответствует штриховой линии [3]). При этом мощность среза вдоль AC равна нулю и $f = \varphi$ при условии $x_0 = l$.

При $h_0 = h_1 = h$, $\lambda = 1,0$ (изгиб криволинейного листа без обжатия) момент на валке $M = 0,46\sigma_T b h^2$. Нижняя граница величины момента из статического поля напряжений равна $M = 0,25\sigma_T b h^2$. Если зона левее AC (рис. 1, б) движется поступательно, а правее BC вращается вокруг оси валка, то в формулах (4), (5) следует принять $\varphi = 0$. Наконец, возможен случай, когда обе соседние жесткие зоны вращаются, как показано на рис. 3. Зона левее AB вращается со скоростью ω_1 вокруг точки O_1 , а правее AB со скоростью ω_2 вокруг точки O_2 . При этом ω_1 и ω_2 имеют разные знаки (если их знаки одинаковы, то происходит не перегиб заготовки от радиуса r_1 к r_2 , а только частичное ее загибание), такие схемы деформации имеют отношение к процессам прокатки-волочения [4, 5]. В этом случае AB – дуга окружности, касательная в точке B к окружности радиусом r_1 .

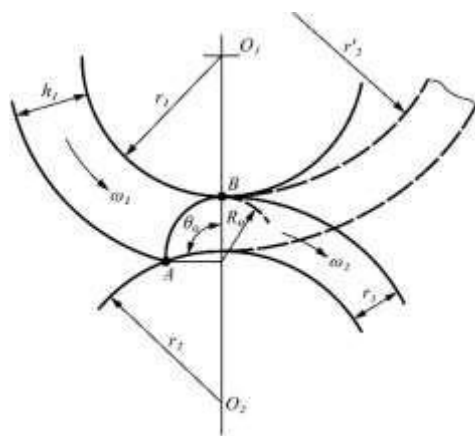


Рис. 3 – Схема деформации при прокатке с изгибом заготовки

Из условия постоянства объема $\omega_1(r_1h_0 + 0,5h^2) = \omega_2(r_2h_1 + 0,5h^2)$, а $N = kbR_0^2(\omega_1 + \omega_2) \arcsin \theta_0$, где R_0 – радиус дуги окружности AB , и угол θ_0 соответствует на ней дуге AB , рис. 3. При перегибе заготовки без обжатия

$$N = 0,46\sigma_{\tau}bh^2\omega_1 \frac{r_1 + r_2 + h}{r_2 + 0,5h}.$$

Если же деформация происходит без перегиба, штриховые линии на рис. 3, с увеличением радиуса кривизны от r_1 до r_2 , то

$$N = 0,46\sigma_{\tau}bh^2\omega_1 \frac{r_2' - r_1}{r_2' + 0,5h}$$

Выводы. Кинематически допустимые поля скоростей, включающие вращающиеся жесткие зоны, могут быть использованы для получения верхних оценок в задачах о прокатке и вальцовке. В этих случаях границами жестких зон могут быть только цилиндрические поверхности с образующими в виде дуг окружностей. Получены формулы для величин мощности и момента прокатки. Построение точного решения для прокатки дает характеристики, отделяющие пластическую зону от жестких, практически совпадающие с дугами окружностей.

Библиографический список

1. Бровман Т.В. Анализ пластической деформации методом обратных задач // Физика и химия обработки материалов. 2023, №2, с.78-81
2. Севрюгина, Н. С. Современные технологии импортозамещения и контроль качества заготовок / Н. С. Севрюгина, А. С. Апатенко // Вестник машиностроения. – 2023. – № 6. – С. 467-472. – DOI 10.36652/0042-4633-2023-102-6-467-472.
3. Макаров Н.А. Устойчивость симметричной пластической деформации при прокатке // В сборнике: МашТех 2022. Инновационные технологии, оборудование и материальные заготовки в машиностроении. сборник трудов Международной научно-технической конференции. Москва, 2022. С. 119-122. 24 - 26 мая 2022 г. МГТУ им. Н.Э. Баумана
4. Бровман Т.В. Исследование функциональной симметрии энергосиловых параметров пластической деформации металлов // Вестник машиностроения. 2023. Т. 102. № 2. С. 173-176.
5. Кузьмин Д.Г. Повышение точности при изготовлении криволинейных металлических заготовок деформацией изгиба // Металлы. – 2016, №3. С.92–100.
6. Севрюгина, Н. С. Модернизация строительных и дорожных машин как фактор реализации целевых установок / Н. С. Севрюгина // Строительные и дорожные машины. – 2007. – № 7. – С. 28-29. – EDN IAHUWR.

УДК 621.793

КОНЦЕПЦИЯ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ КЛАПАНОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Матвиенко С. А., к.т.н., доцент,

Байдак И. А., магистрант,

Мальцев Д. В., магистрант,

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,
г. Макеевка, ДНР, Россия*

Аннотация. В статье выполнен анализ конструкций, материалов и технологий изготовления клапанов современных ДВС. Определены актуальные направления повышения долговечности клапанов ДВС. Предложена концепция технологического повышения долговечности клапанов ДВС на основе функционально-ориентированного подхода.

Ключевые слова: ресурс, клапан, поверхностный слой, износостойкость, многослойное покрытие.

Введение. Двигатели внутреннего сгорания (ДВС) имеют широкое применение в транспортных и транспортно-технологических машинах. Надежность ДВС определяется, в том числе долговечностью технологического узла «клапан - седло - направляющая втулка», деталями лимитирующими надежность которого являются впускные и выпускные клапаны. Клапаны являются прецизионными компонентами газораспределительного механизма ДВС, расположены в головке блока цилиндров и управляют потоками рабочей смеси и сжигаемых газов. При эксплуатации клапаны нагружаются силами пружины и подвергаются высоким температурам и переменным давлениям, термическим и ударным нагрузкам. Устранение последствий отказов клапанов трудоемкий и, как правило, дорогостоящий процесс. Из-за сложных условий работы клапанов и неравномерного воздействия эксплуатационных факторов, достаточно сложно обеспечить требуемые показатели качества и надежности деталей. Оптимизация конструкций и технологий изготовления клапанов ДВС по критерию ресурсности в традиционном объеме, почти исчерпана. В связи с этим, стоит задача в определении инновационных технологий повышения долговечности клапанов ДВС.

Цель статьи – разработка концепции технологического обеспечения повышения долговечности клапанов ДВС на основе функционально-ориентированного подхода.

Результаты исследования. Эволюция конструкции клапана ДВС включает следующие стадии: формирование традиционных конструктивных решений, применение сборной конструкции, наплавка посадочной фаски, применение полых стержней, нанесение износостойких покрытий, формирование тепловым барьером и защитные диффузионные покрытия [9-10].

Материалы применяемые для изготовления клапанов ДВС должны обеспечивать их работоспособность под комбинированным воздействием эксплуатационных факторов, иметь не высокую стоимость и обладать следующими свойствами: высокой теплопроводностью, высокой твердостью, узким коэффициентом термического расширения, способность противостоять действию продуктов сгорания и динамическим нагрузкам при нагреве, не высокой плотностью. Клапаны изготавливают из специальных жаростойких сталей и сплавов с большим содержанием хрома, никеля, молибдена, вольфрама и имеющих высокую стоимость. Однородность материала клапана не позволяет обеспечить необходимую прочность и жаростойкость. Поэтому клапаны изготавливают из разнородных материалов соединенных стыковой сваркой: тарелку - из специальных сплавов, обладающих жаростойкостью, прочностью, коррозионной стойкостью, стойкостью к воздействию окиси свинца и высокой твердостью, а стержень - из легированной стали обладающей высокой износостойкостью. Для повышения эксплуатационных свойств клапанов: на фаску наплавляют жаропрочный сплав типа «стеллит» или изготавливают клапаны из нихрома, а шток клапана азотируют [1]; применяют натриевое охлаждение клапана; на поверхность их элементов наносятся слои твердых материалов из сплавов на основе Co, W и Cr (стеллит), нихрома (сплав на основе Cr, Ni, Co, W и др.)или других материалов, с помощью установленных процессов: твердого хромирования, азотирования, алюминирования или фосфатирования. На сегодня хромирование, как средство повышения износостойкости стержня клапана, утратило свою актуальность. Большинство европейских и азиатских производителей перешли на азотирование. Хромоникелевые сплавы имеют высокую жаростойкость и износостойкость, но они в 8-10 раз дороже твердых сплавов на железной основе и хуже обрабатываются [2]. Сегодня на изготовление клапанов обычно идут высоколегированные силхромы и аустенитные стали которые обладают хорошей жаропрочностью (800...900 °C) и стойкостью в среде выхлопных газов. Применение титана позволяет существенно снизить вес клапана, но высокая цена позволяет использовать его для ДВС гоночных автомобилей.

Клапана ДВС эксплуатируются в напряженных условиях высоких температур, термических и переменных динамических и нагрузок при коррозионном и эрозионном воздействии горячих газов [1, 3, 4]. Клапаны

двигателя подвергаются комбинированным воздействиям: термическим, механическим, коррозии и износу. Воздействие эксплуатационных факторов на впускные и выпускные клапана ДВС вызывают усталостные трещины и специфические явления термической усталости. Установлено, что преобладающей причиной выхода из строя клапанов ДВС является усталость. Механизмами износа клапанов являются: ударный износ, скольжение, истирание, адгезия или высокотемпературная коррозия [6].

Разрушение контактной конической поверхности в основном обусловлено упругой и пластической деформацией, усталостными микротрещинами и сколами [4]. Шток выпускного клапана, как правило, выходит из строя из-за перегрева, что проявляется в виде значительной потери твердости и обширного поверхностного окисления и фреттинга/истирания на стержне клапана [4]. Разрушение фаски клапана может иметь несколько видов: разрушение по типу «ножевой коррозии», «сползание» наплавки, абразивный и коррозионный износ контактной поверхности.

Малое значение диаметра стержня клапана и незначительные его износы ограничивают возможность использования наплавки, поэтому используют газотермические методы нанесения покрытий, среди которых наиболее гибким и прогрессивным методом является плазменное напыление [2]. Для защиты поверхности клапанных дисков и повышения их износостойкости в работе [5] реализованы многослойные покрытия методом APS, из промежуточного слоя NiAl и внешнего слоя с термобарьерной ролью. Функциональные покрытия могут иметь следующее назначение: повышение износостойкости при различных механизмах износа, теплоизоляция, электроизоляция, улучшение теплопроводности, стойкость к окислению или горячему воздействию. Авторами [7] предлагается технология плазменного нанесения нитрида титана алюминия кремния на рабочие поверхности клапана, который обладает жаропрочными, износостойкими и антикоррозионными свойствами, что позволяет в комплексе решить все выше перечисленные проблемы по существующему технологическому процессу. Нитриды титана также можно использовать как барьерные слои в жаростойких покрытиях для защиты от образования вторичной реакционной зоны. Повысить износостойкость покрытия на основе нитрида титана можно несколькими путями: легированием нитрида хромом, алюминием или тугоплавкими металлами типа ванадия или молибдена, а также при использовании многослойных конструкций покрытия, формирующих определенное напряженное состояние на границе «основа–покрытие» [8].

К технологии наплавки клапанов ДВС предъявляется комплекс требований, который достаточно сложно выполнить. Технологии карбонитрации, алитирования так же имеют ряд существенных недостатков.

Комплексное решение проблемы обеспечения долговечности деталей ДВС автомобилей можно достигнуть путем применения функционально-ориентированных технологий [3].

Концепция модификации композиционного поверхностного слоя заключается в следующем: сначала наносятся адгезионный, барьерные, градуированный слои; затем наносится функциональное нанопокрытие. Задача повышения долговечности клапанов ДВС заключается в синтезе и нанесении на функциональные зоны поверхностного слоя многослойных адаптирующихся покрытий с синергетическим эффектом повышения износостойкости при повышении температуры.

Выводы. Требованиям к материалам клапанов в полном объеме фактически не соответствует ни одна из применяемых марок стали. Впускные и выпускные клапаны двигателей имеют зоны с различными видами и режимами воздействия эксплуатационных факторов. Выше сказанное, свидетельствует о необходимости изменения подхода в повышении долговечности клапанов ДВС для более полной реализации их потенциала.

Инновационная концепция технологического обеспечения повышения долговечности клапанов ДВС, заключается в формировании функционально-ориентированных многослойных адаптирующихся поверхностных слоев.

Библиографический список

1. Бабанин, А. Я. Упрочняющая и восстановительная наплавка клапанов газораспределительного механизма двигателей внутреннего сгорания / А. Я. Бабанин, А. В. Чухаркин. – Текст непосредственный // Сборник научных трудов ДонГТИ. - 2021.- № 25 (68). С. 26-31.

2. Тимохова, О. М. Восстановление клапанов двигателей внутреннего сгорания плазменной наплавкой и напылением с модуляцией параметров / О. М. Тимохова, А. М. Кадырметов, Е. В. Снятков, В. В. Романов. – Текст непосредственный // Воронежский научно-технический вестник. – 2018. - № 1 (23). - С. 53-67.

3. Костенко, А. В. Особенности представления выпускного клапана судового дизеля в функционально-ориентированных технологиях / А. В. Костенко, С. А. Матвиенко. – Текст непосредственный // Прогрессивные технологии и системы машиностроения. – 2019. - № 4(67). - С. 49-55.

4. Ajay Pandey, R. K. Mandloi. Effects of High Temperature on the Microstructure of Automotive Engine Valves. Journal of Engineering Research and Applications. Vol. 4, Issue 3 (Version 1), March 2014, pp.122-126

5. Ипатов, А. Г., Волков К.Г., Шмыков С.Н. Повышение долговечности клапанных сопряжений модификацией рабочих поверхностей / А. Г. Ипатов, К.

Г. Волков, С. Н. Шмыков – Текст непосредственный // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – №4 (65) – С. 124-131.

6 Forsberg, P. 2013. Combustion Valve Wear: A Tribological Study of Combustion Valve Sealing Interfaces. Acta Universitatis Upsaliensis. Digital Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology 1058. 57 pp. Uppsala. ISBN 978-91-554-8715-7.

7 K. Filipowicz, M. Kuczaj, S. Mikula Use of surface working for improving the working life... of piston valves of combustion engines. Transport problems 2020 Volume 15 Issue 3 С.107-116

8. Александров, Д. А. Исследование износостойких покрытий на основе многокомпонентных нитридов титана / Д. А. Александров – Текст непосредственный // Труды ВИАМ. - 2020. - № 4-5. – С. 62-69.

9. Жигулин, Д. А. Обеспечение ресурса и надежности клапанных механизмов на разных этапах развития двигателей внутреннего сгорания / Д. А. Жигулин, С. П. Столяров // Труды Крыловского государственного научного центра. 2021; Специальный выпуск 1: 53–55.

10. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – Москва : ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с. – ISBN 978-5-6049928-2-1.

УДК 621.2.082.18

**ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ РЕМОНТНЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ
ДИСПЕРСНЫХ И ВОЛОКНИСТЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ,
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ХРАНЕНИЯ**

Мухин В. В., аспирант

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

Аннотация. Показано, что износостойкость композитов на основе волокнистых и дисперсных наполнителей, зависит от условий хранения сырья. В статье описываются результаты эксперимента на износостойкость ремонтных композитов после их хранения в различных условиях.

Ключевые слова: волокнистые наполнители, дисперсные наполнители, полимерные композиционные материалы, износ, условия хранения.

Введение: Минимальные разрушения поверхностного слоя ремонтного материала, при воздействии на него различных условий эксплуатации, является хорошим показателем износостойкости. При использовании для ремонтных работ полимерных композиционных материалов (ПКМ) на основе волокнистых и дисперсных наполнителей, от износостойкости ремонтного материала зависит время и показатели работы восстановленной детали [1, 2].

Износостойкость ПКМ зависит от следующих параметров [2, 3]:

- твердости материала;
- шероховатости поверхности материала;
- силы давления на поверхности между взаимодействующими объектами;
- времени действия на поверхность образца;
- скорости взаимодействия между телами.

Определение износостойкости ПКМ проводится на различных стендах или в эксплуатационных условиях. Испытания на износостойкость, включают в себя определение коэффициента трения, скорости износа, изменения массы дисперсно-наполненных и волокнисто-наполненных композитов.

Цель исследования: Целью данного исследования является определение влияния условий хранения дисперсных и волокнистых наполнителей на эксплуатационные свойства ремонтных материалов на их основе.

Условия, материалы, методы исследования: Для проведения экспериментальных исследований, образцы наполнителей, выдерживались в течении 6 месяцев в различных условиях: стандартные условия хранения, условия повышенной влажности воздуха > 98%, условия перепада температур +30°C до -30°C [4, 5].

Износостойкость образцов определялась согласно стандарту ASTM D3702-94. Исследования проводились на машинке трения Nanovea Tribometer (рис. 1).

Проведение испытаний на машине трения, это определение результатов механического взаимодействия при помощи сил прижатия, действующей нагрузки, скорости вращения.

Основными конструктивными элементами машины трения являются:

1. Датчик силы трения;
2. Рычаг;
3. Нагрузка;
4. Образец;
5. Крепеж держателя.

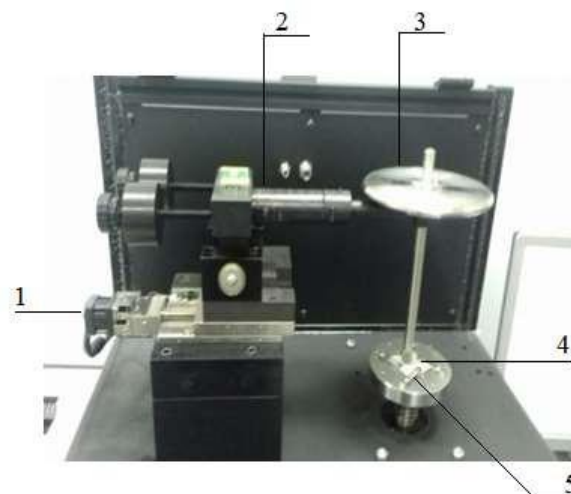


Рис. 1 – Машина трения Nanovea Tribometer

Эксперимент на износостойкость ремонтных композитов, проводился на образцах на основе эпоксидного связующего с дисперсными и волокнистыми наполнителями. В качестве дисперсных наполнителей использовалась алюминиевая пудра ПАП 1 и углесодержащий порошок УГС 628-30. В качестве волокнистых наполнителей использовались стеклоткань Novol plus 740 и углеткань УТН-900 [4, 5].

Для определения степени износа образцов, необходимо изначально подобрать режим работы машины трения. Для исследования волокнисто-наполненных и дисперсно-наполненных образцов использовались следующие режимы: нагрузка 100 Н, скорость вращения шпинделя 200 об/минуту. Каждый образец испытывался в течении 20 минут. Время испытания считается не продолжительным, в следствии чего на поверхности образцов произошли небольшие разрушения. Трение обеспечивалось с использованием шара из стали, радиусом 6 мм.

Перед началом эксперимента, образцы, обязательно взвешивались, для последующего сравнения массы после проведения эксперимента, таким образом определялась потеря массы.

Результаты исследования: Установлено, что наибольшим коэффициентом трения обладает образец наполненный углеродосодержащим порошком (0,48) и на основе алюминиевой пудры (0,35) хранение которых осуществлялось в условиях повышенной влажности воздуха > 98%.

У композитных материалов на основе углеткани, алюминиевой пудры и углесодержащего порошка, хранение которых осуществлялось в стандартных условиях, зафиксированы минимальные потери массы (0,13-0,14%).

Наибольшая потеря массы зафиксирована у образцов наполненных алюминиевой пудрой (0,39%) и углетканью (0,23%) хранение которых осуществлялось в условиях повышенной влажности воздуха > 98%.

Обобщенные результаты испытаний приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Величина коэффициента трения волокнисто-наполненных и дисперсно-наполненных композитов при их хранении в различных условиях

Условия хранения наполнителя	Наполнитель	Коэффициент трения
Стандартные условия	Углеродосодержащий порошок УГС 628-30	0,42
	Алюминиевая пудра ПАП 1	0,29
	Стеклоткань Novol plus 740	0,29
	Углеткань УТН-900	0,26
Повышенная влажность воздуха > 98%	Углеродосодержащий порошок УГС 628-30	0,48
	Алюминиевая пудра ПАП 1	0,35
	Стеклоткань Novol plus 740	0,31
	Углеткань УТН-900	0,24
Перепад температур от +30°C до -30°C	Углеродосодержащий порошок УГС 628-30	0,45
	Алюминиевая пудра ПАП 1	0,31
	Стеклоткань Novol plus 740	0,30
	Углеткань УТН-900	0,26

Таблица 2. Изменения массы волокнисто-наполненных и дисперсно-наполненных композитов после испытаний на износостойкость

Условия хранения наполнителя	Наполнитель	потеря массы, Δm , %
Стандартные условия	Углеродосодержащий порошок УГС 628-30	0,13
	Алюминиевая пудра ПАП 1	0,13
	Стеклоткань Novol plus 740	0,19
	Углеткань УТН-900	0,14
Повышенная влажность воздуха > 98%	Углеродосодержащий порошок УГС 628-30	0,22
	Алюминиевая пудра ПАП 1	0,39
	Стеклоткань Novol plus 740	0,15
	Углеткань УТН-900	0,23

Условия хранения наполнителя	Наполнитель	потеря массы, Δm , %
Перепад температур от +30°C до -30°C	Углеродосодержащий порошок УГС 628-30	0,19
	Алюминиевая пудра ПАП 1	0,23

Выводы: Результат проведенного анализа, свидетельствует, что хранение дисперсно и волокнисто-наполненных композитов в неподходящих для них условиях, снижает их долговечность и износостойкость. Использование в дальнейшем данных ремонтных материалов, приведет к некачественному ремонту деталей машин и снижению срока службы восстановленных элементов. Наименее чувствительными к условиям хранения являются образцы в которых в качестве наполнителя использовалась алюминиевая пудра, углеткань и углесодержащий порошок. Образцы, которые хранились при повышенной влажности (с наполнителем углепорошок, стеклоткань) показали наихудшие результаты и наибольшее влияние условий хранения наполнителей на долговечность и износостойкость ПКМ на их основе.

Библиографический список

1. Кравченко И.Н., Ивойлов А.А., Керимов Ф.Ю., Овчинникова М.С. Исследование влияния уровня надежности на техническую готовность машин // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2017. № 4. С. 36-42.
2. Баурова Н.И., Зорин В.А. Применение полимерных композиционных материалов при производстве и ремонте машин: учебное пособие. –М.: Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 2016. 264 с.
3. Акаева М.М. Действие агрессивных жидких сред на композиты полипропилен / Fe/FeO // Материалы конференции, посвященной 80-летию Чеченского государственного университета, Грозный, 30 марта 2018 года. Грозный: Чеченский государственный университет. 2018. С. 31-34.
4. Мухин В.В., Баурова Н.И. Оценка скорости деградации ремонтных материалов на основе дисперсных наполнителей // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), № 1(72), 2023. С. 29-34.
5. Волченкова А.А., Мухин В.В. Оценка влияния условий хранения дисперсных наполнителей на свойства композитов на их основе // Ремонт. Восстановление. Модернизация, № 9, 2021. С. 44-48.

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ПОЛИМЕРОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ.

Овсянникова Е. А.

*Московский Технический Университет Связи и Информатики, г. Москва,
РФ*

Аннотация. В статье представлено изучение основных характеристик нанокompозитных материалов, применяемых в агропромышленном комплексе. Определены преимущества и недостатки полимерных материалов. Выявлены области применения. Сделаны выводы о важном влиянии на развитие отрасли сельского хозяйства использование современных материалов.

Ключевые слова: нанокompозит, кабель, испытания, компаунды, сельское хозяйство.

В настоящее время находят широкое применение кабели с оболочками из нанокompозитных материалов, происходит их постепенное внедрение в сельскохозяйственную промышленность.

Нанокompозит (его также называют полимерным) — это многокомпонентный материал, который состоит из специальной пластичной полимерной основы (матрицы) и наполнителя— органо-модифицированной наноглины, обладающий очень полезными свойствами по сравнению со своими предшественниками.

По сравнению с предыдущим поколением оболочек кабелей - чистыми полимерами (микрокомпозитами) нанокompозиты, соответствующие им по ряду характеристик, однако обладают существенно улучшенными свойствами. Модификация таких слоистых силикатов часто содержится в пределах от 2 до 10% массы, что довольно мало.

Рассмотрим превосходство нанокompозитов перед своими предшественниками.

Главным свойством нанокompозита, является его необычайно высокая термостабильность, а также способность к замедлению горения при очень низких уровнях содержания наполнителя. Эти характеристики дают возможность образовывать термоизоляции с низкой проницаемостью, что в свою очередь приводит к ослаблению интенсивности продуктов горения и следственно обеспечивает улучшение огнезащитных свойств продукта, изготовленного из данного материала. При этом низкое содержание наполнителя в нанокompозитах и одновременное повышение термостабильности имеют большую экономическое и экологическое значимость для промышленности, так как конечные продукты потребуют меньше затрат на своё производство и будут проще перерабатываться.

Анализ свойств нанокompозитов и микрокомпозитов представлен в таблице 1.

Таблица 1 —Времени горения нанокompозитов и микрокомпозитов.

Композит	Время до образования капель горящего полимера
Микрокомпозит (5% массы плохо диспергированной наноглины).	35 секунд без образования окалины
Нанокompозит (5% массы хорошо диспергированной наноглины	235 секунд без образования окалины

Время горения нанокompозитных материалов больше в несколько раз. Также преимущество перед другими композитами наблюдаются в:

- механических свойствах, таких как прочность на растяжение, сжатие, изгиб и излом;
- барьерных свойствах, таких как проницаемость и стойкость к воздействию растворителей;
- оптических свойствах;
- ионной проводимости.

Нанокompозиты, благодаря своим свойствам, в основном используются в упаковочной, кабельной, авиационной и машиностроительной промышленности, а также при защите магистральных трубопроводов.

Самым важным в чём может помочь внедрение нанокompозитных кабелей это предотвращение пожаров. Исходя из данных статистики, ежегодно в России происходит около 150 тысяч пожаров, в которых погибает в среднем 6,7 человека/сотню пожаров, то есть примерно 10050 человек в год. 2,3% этих пожаров приходится на объекты сельского хозяйства, и 3% на промышленные.

Одним из ключевых фактором возникновения пожаров является нарушение правил монтажа электрической проводки и оборудования, а также не соблюдения требований эксплуатации. [1]

В свою очередь быстрое распространение пламени по объекту приводит к гибели людей. Применение нанокompозитных кабелей как раз могут предотвратить пожар, а также дать необходимое время для установления и предотвращения очага возгорания.

Европейскими компаниями уже несколько лет изучается концепция использования нанокompозитов, как получение эффективных огнезащитных оболочек (компаундов). В ходе исследований получилось выяснить, что безгалогенный коаксиальный кабель имеющий малое дымовыделение, чья оболочка изготовлена из АТА (нанокompозитом) с добавкой органоглины, проходит испытания по специальному европейскому стандарту UL 1666. Классический кабель с оболочкой на основе микрокомпозитов (АТН) с данным стандартом не справляется. При этом наполнителя в обеих оболочках содержится в равном количестве. Своим преимуществом в огнезащитных параметрах нанокompозиты обязаны образованию слоя окалины во время его сжигания. Эта изолирующая и негорючая окалина понижает максимальную температуру и скорость распространения огня. Происходит это из-за уменьшения эмиссии продуктов, выделяемых при деградации полимера в зоне

горения. Стоимость безгалогенного кабеля на среднее напряжение, выделяющего мало дыма, в котором слюдяная лента использована как барьер для огня, с оболочкой на основе АТН может быть оптимизирована за счёт применения нанокompозитной оболочки, что позволяет отказаться от слюдяной ленты и при этом проходить необходимые испытания на воздействие огнём. [2]

Предприятия сельскохозяйственной отрасли, где применяется автоматизация технологических процессов, активно эксплуатирующая кабельные магистрали, заинтересованы в создании огнезащитного материала, обладающего наилучшими свойствами без потерь необходимых базовых характеристик. При этом такие разработки должны соответствовать новым законодательным актам. В них сформулированы требования использования более совершенных огнезащитных компаундов по сравнению с классическими, применяемыми в настоящее время. Далее представлены результаты испытаний кабелей с оболочкой из нанокompозит по нескольким стандартам.

Испытание по стандарту EN 50399 в котором определены требования к оборудованию и описанию процедур испытания материала на жаростойкость. По результатам влияния пламени на характеристики кабелей их классифицируют в соответствии с нормами CPR. На вертикальной лестнице одновременно прокладывают несколько кабелей и подвергают испытанию пламенем средней интенсивности. С помощью специальной горелки происходит оценивание поведения кабелей во время горения, а также прямое определение их возможных характеристик. Данные полученные о ранних стадиях горения кабеля отправляются на оценку. Затем делается заключение о возможности распространения огня вдоль кабеля, потенциальной возможности (на основе измерения скорости тепловыделения) огня оказывать воздействие на проложенные рядом кабели и угрозы (на основе измерения параметров дыма, препятствующего прохождению света) ухудшения видимости в помещении, где начался пожар, и в соседних помещениях.

Основными параметрами исследования в таких опытах являются: скорость и общее количество тепловыделений, скорость образования и общее количество дыма, коэффициент роста скорости распространения огня, появление капель/частиц при плавлении горящего образца при определённых условиях.

Испытания проводятся с помощью специальной установки сконструированной на основе требований EN 50266-1 (аналогично IEC 60 332-2), а также используется дополнительное оборудования, способного измерять характеристики дымообразования и тепловыделения. Применение этих дополнительных средств при оценке реакции электрических кабелей на воздействие огня полностью целесообразно так как позволяют узнать какой из материалов сможет вызвать меньшую задымлённость при своём возгорании. А в условиях ЧС на объекте задымлённость один из ключевых пагубных факторов.

После испытаний кабели классифицируют в соответствии с условиями EN 50339 по критериям евроклассов, от оценки наивысшей огнестойкости — В1 до низшей – D. [3]

Испытания показали, что нанокompозиты сильно превосходят другие кабели по термостойкости, которые содержат классические

металлогидроксидные компаунды, а также они обладают куда менее дымовыделениями при горении. Это позволяет отнести их к более высоким классам огнестойкости, что продемонстрировано на примере телекоммуникационных кабелей в таблице 2.

Таблица 2 – Ранжирование телекоммуникационных кабелей в евроклассы по характеристикам различных оболочек

Телефонный кабель J-N(ST)H 2x2x0,8 mm ²	Категория еврокласса огнестойкости
Оболочка на основе АТН D (микрокомпозит)	
Оболочка на основе АТН с добавлением органоглины (нанокомпозит)	B2

В свою очередь, нанокомпозиты обладающие несравненно лучшими характеристиками чем у их предшественников есть недостатки. Например, является дисперсия органоглины на нанометрическом уровне в полимерной матрице, которая приводит к появлению очень большой зоны интерфазы (контакту) между полимером и органоглиной. Из-за повышенной полярности поверхности органоглины, наблюдается тенденция поглощения антиоксидантов (зачастую с полярной химической структурой) органоглиной, благодаря чему возникает истощение внутри полимерной матрицы антиоксидантов. В итоге – значительно снижается термостабильность нанокомпозитов, что подтверждают результаты исследований на ускоренное старение.

Также имеется еще одна проблема, которую необходимо оптимизировать – повышенное водопоглощение нанокомпозитами. К сожалению, данный показатель чрезмерно высок (требования МЭК), поэтому нанокомпозиты нельзя использовать в качестве изоляционных компаундов, которые не распространяют горение. На сегодняшний день нанокомпозитные материалы в кабельной промышленности безопаснее и эффективнее использовать для производства кабельных оболочек. [4]

Использование нанокомпозитных материалов является перспективной технологией, а многочисленные исследования помогут в ближайшем будущем смягчить негативные факторы. Более дешёвый материал, обладающий большой огнестойкостью и меньшим дымозадымлением повысит не только экономическую составляющую агропромышленного комплекса, но и безопасность объекта и сотрудников [5-6].

Библиографический список

1. Poplavko Y. Electronic Materials: Principles and Applied Science. Elsevier, 2018. 684 с.
2. Razdolsky L. Phenomenological Creep Models of Composites and Nanomaterials: Deterministic and Probabilistic Approach. CRC Press, 2019.

3. Yuldasheva N.P. Use of nanomaterials for restoration of rubbing parts of engine // Academy, 2020. № 4 (55). С. 25-26.

4. Овсянникова, Е.А. Современные электроизоляционные материалы/ Е.А. Овсянникова, В.В. Дубов, И.А. Сосенков// Сб.: Инновационные подходы к развитию науки и производства регионов: взгляд молодых ученых. Материалы 48-ой научно-практической конференции студентов и молодых учёных. Тверь, 2020.- С. 224-226.

5. Занфирова, Л. В. City-farming как одно из направлений оптимизации производства сельскохозяйственной продукции / Л. В. Занфирова, Е. А. Овсянникова, А. Х. Габаев // Инновационные решения в строительстве, природообустройстве и механизации сельскохозяйственного производства : СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ ВСЕРОССИЙСКОЙ (НАЦИОНАЛЬНОЙ) НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Нальчик, 04 июня 2021 года. – Нальчик: ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, 2021. – С. 178-180. – EDN YVAJKP.

6. Economic evaluation of innovative engineering solutions in animal husbandry / N. V. Sergeyeva, V. N. Arinichev, N. A. Shevkun [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Krasnoyarsk, 18–20 ноября 2020 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. Vol. Volume 677. – Krasnoyarsk, Russian Federation: IOP Publishing Ltd, 2021. – P. 22036. – DOI 10.1088/1755-1315/677/2/022036. – EDN TXQDDT.

УДК 620.179

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ТОНКОСЛОЙНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ

Пупкова Д. А., ассистент

Вергазова К. Я., бакалавр

Научный руководитель: Кравченко И. Н., д.т.н., профессор

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени

К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ

Аннотация. В статье представлена апробация нового перспективного способа оценки износостойкости тонкослойных функциональных покрытий на основе метода акустической эмиссии с использованием образца сравнения.

Ключевые слова: акустическая эмиссия, относительная износостойкость, функциональные покрытия.

В настоящее время поверхности металлических материалов в парах трения защищают от контактного взаимодействия при помощи нанесения функциональных покрытий [1–3]. Если покрытия имеют небольшую толщину,

то проблема разработки новых методов сравнительной оценки их износостойкости является актуальной. Наиболее широкое применение в промышленности получили износостойкие керамические покрытия на основе тугоплавких соединений (бориды, карбиды, силициды металлов и др.) [4–6]. Следует отметить, что задаваемые в стандартных машинах трения минимальные нагрузки могут быть критическими и мгновенно истирать тонкослойные покрытия. Следовательно, необходимы новые перспективные подходы в рамках развития данного направления.

Количественная оценка износа в процессе трения и без его остановки представляет собой научно-практическую задачу. В научном плане данные о текущем износе могут дать детальную информацию о физических механизмах износа и об изменениях свойств покрытий во времени. В практическом плане методика получения таких данных может быть использована для целей мониторинга ответственных узлов машин, поскольку их отказы происходят по причинам, связанным с состоянием материалов. Для организации обратной связи используются сигналы от датчиков, которые характеризуют параметры состояния таких систем.

Характеристики акустического излучения, которые могут быть достаточно четко идентифицированы с помощью современной радиоэлектронной аппаратуры, обеспечивают возможность широкого использования акустической эмиссии (АЭ) для диагностики трения и изнашивания [7, 8].

Цель исследования заключается в разработке и апробации нового перспективного метода оценки тонкослойных покрытий на основе применения АЭ с использованием образца сравнения.

Тонкослойные керамические покрытия из нитрида титана наносились методом магнетронного напыления, основанным на испарении металлического материала катода в катодно-анодной сборке вакуумной установки и последующем осаждении его на металлическую подложку. В зависимости от состава плазмообразующих и реакционных газов в рабочей камере на подложке могут быть получены функциональные покрытия как из чистых металлов, так и из тугоплавких неметаллических соединений на основе карбидов, нитридов и оксидов металлов [9]. Схема процесса представлена на рис. 1.

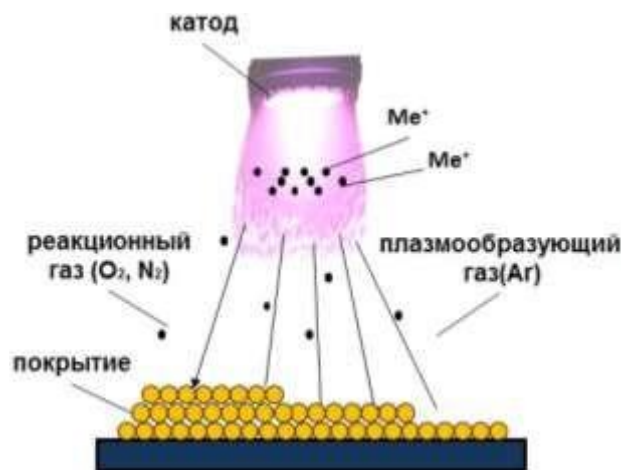


Рис. 1 – Процесс формирования покрытия при магнетронном напылении

Нанесение покрытий из нитрида титана осуществлялось на установке магнетронного напыления «Магна ТМ 5» в среде азота. Толщина покрытия достигала 20 мкм.

При трении твердых тел обнаружено возникновение акустических колебаний трех видов:

- автоколебаний, возникающих в результате изменения статистических, динамических или кинематических условий сопряжений;
- эмиссионных колебаний – волн напряжений, вызванных пластическим деформированием, структурно-фазовой перестройкой и разрушением поверхности трения;
- поверхностных волн.

Установлено, что между трением и колебаниями существует обратная связь, т.е. трение порождает колебания, которые в свою очередь влияют на трение. Исследования по трибоакустике развиваются по двум основным направлениям: установление механизма и закономерностей возникновения различных видов фрикционных акустических колебаний и оценка на их основе параметров трения; анализ возможностей изменения фрикционного взаимодействия путем принудительного осциллирования фрикционной пары.

В последнее время интенсивно проводятся исследования по изучению закономерностей и механизмов возникновения акустической эмиссии при трении. Так как АЭ является непосредственной реакцией поверхности трения на контактное взаимодействие, то использование ее для создания непрерывных методов изучения и контроля процесса трения и изнашивания сопряжений весьма перспективно.

В настоящей работе использовалась система регистрации акустической эмиссии. Построенная схема позволяет регистрировать экспериментальные данные двумя способами: один наиболее общепринятый – с использованием

блока фильтрации, второй – принципиально новый, при котором данные с датчика поступали в аналогово-цифровой преобразователь и персональный компьютер, минуя стадию фильтрации (рис. 2).

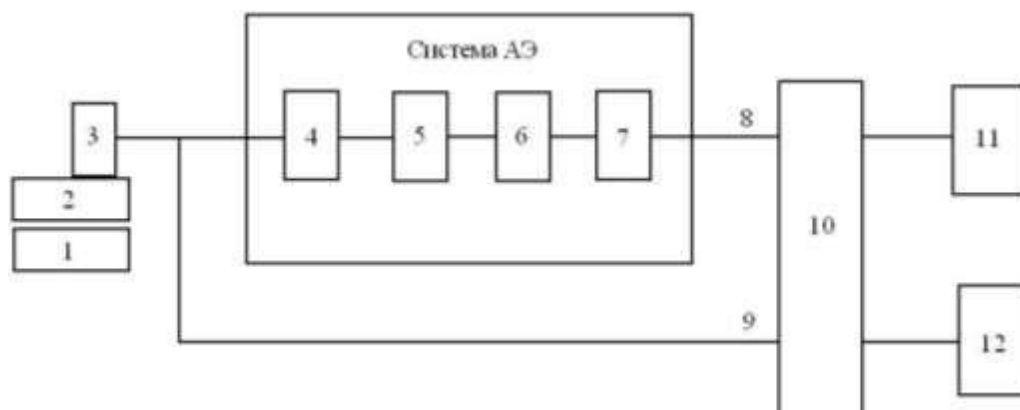


Рис. 2 – Схема установки для регистрации акустической эмиссии:

1 – подвижный образец; 2 – неподвижный образец; 3 – пьезопреобразователь; 4 – предварительный усилитель; 5 – основной усилитель; 6 – фильтры; 7 – блок обработки; 8 – первый канал осциллографа; 9 – второй канал осциллографа; 10 – осциллограф АСК-3107 «АКТАКОМ»; 11 – ЭВМ-1; 12 – ЭВМ-2

Аппаратурный комплекс для регистрации АЭ включает в себя: контактные пьезопреобразователи типа П 113 из пьезокерамики ЦТС-19, рассчитанные на работу в диапазоне 0,2–1,0 МГц, усилительный тракт от прибора АФ-15, многофункциональную плату 6023Е (производство компании National Instruments), обеспечивающую преобразование аналоговых измерительных сигналов в цифровые, и персональный компьютер. Аппаратурный комплекс позволяет регистрировать время появления АЭ события, его максимальную амплитуду и длительность (количество осцилляций).

Известно, что методом АЭ можно рассчитать износ небольшого количества вещества. Для этого необходимо реализовать процесс трения материалов. Результатом такого взаимодействия становится накопление напряжений и разрушение контактирующих поверхностей [10], которое приводит к образованию микротрещин. По мере роста трещины происходит отрыв и унос вещества из зоны контакта. Образование трещины сопровождается выделением акустической энергии. Следующим шагом является определение интенсивности изнашивания, исходя из отношения износа к пути дорожки трения. В качестве контртела использован индентор игольчатого типа из инструментальной твердой стали. После взаимодействия индентора с покрытием исследуемая дорожка трения должна иметь глубину менее толщины покрытия.

Следующим шагом является определение глубины сформированной дорожки трения и интенсивности изнашивания. Для этого необходимо провести

индентором вторую, так называемую калибровочную дорожку трения на толщину, равную толщине покрытия (сквозная царапина). В процессе трения подключался акустический сигнал, и производилась запись акустической эмиссии. Анализ результаты исследований показывает, что процессы изнашивания материалов при кратковременном взаимодействии сопровождаются частотными сигналами в интервале 1–3 кГц.

Рассмотрим спектр Фурье зарегистрированного сигнала акустической эмиссии с целью выделения полезного частотного диапазона (рис. 3).

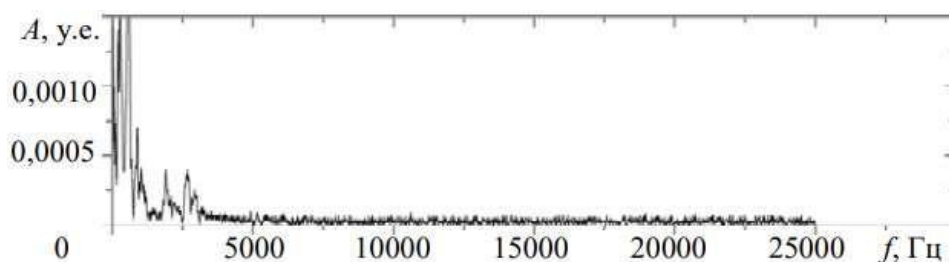


Рис. 3 – Разложение сигнала в спектр Фурье

Исходя из анализа [11], массовый износ Δm_i можно вычислить по формуле:

$$\Delta m_i = \alpha \sum_{f_p}^{f_q} S_i^2(f)$$

где α – коэффициент пропорциональности;

S_i – спектральные составляющие акустического сигнала;

f_p, f_q – начальная и конечная частота рассматриваемого диапазона.

Из представленного выражения можно определить коэффициент пропорциональности. Данный параметр является индивидуальным для конкретного типа покрытий. Сначала рассчитывается износ материала для калибровочной дорожки трения. Глубина дорожки определяется стандартными типами толщиномеров, так как она равна толщине покрытия. Длину и усредненную ширину царапины можно определить при помощи оптической или электронной микроскопии. Затем определяется фактическая масса изношенного вещества калибровочной дорожки трения. В соответствии с условиями эксперимента рассчитывается акустическая энергия, после чего определяется калибровочный коэффициент α .

Определив экспериментально калибровочный коэффициент и акустическую энергию для исследуемой дорожки трения, можно рассчитать объем изношенного материала и среднюю глубину царапины. И наконец, если известна глубина царапины и ее длина, можно вычислить относительную износостойкость покрытия.

Таким образом, на основании проведенных исследований предложен перспективный метод оценки износостойкости тонкослойных покрытий,

основанный на анализе сигналов акустической эмиссии с применением калибровочной дорожки трения.

Библиографический список

1. [Novak R.](#), [Polcar T.](#) Tribological analysis of thin films by pin-on-disc: Evaluation of friction and wear measurement uncertainty // [Tribology International](#). 2014. [Vol. 74](#). P. 154–163. [DOI: 10.1016/j.triboint.2014.02.011](#)
2. Москвитин Г.В. Биргер Е.М., Поляков А.Н., Полякова Г.Н. Научные технологии нанесения упрочняющих покрытий // *Металлообработка*. 2015. № 1 (85). С. 44–49.
3. Тарасов В.В., Лоханина С.Ю. К оценке износостойкости тонких покрытий // *Химическая физика и мезоскопия*. 2022. Т. 24. № 2. С. 238–245.
4. Perevislov S.N. Evaluation of the Crack Resistance of Reactive Sintered Composite Boron Carbide-Based Materials // *Refractories and Industrial Ceramics*. 2019. Vol. 60. No. 3. P. 168–173. <https://doi.org/10.1007/s11148-019-00330-0>
5. Markov M.A., Krasikov A.V., Gerashchenkov D.A. [et al.]. Formation of Protective Ceramic-Metal Coatings on Steel Surfaces by Microarc Oxidation with Electro-Chemical Deposition of Nickel // *Refractories and Industrial Ceramics*. 2018. Vol. 58. No. 6. P. 634–639. <https://doi.org/10.1007/s11148-018-0159-7>
6. Пантелеенко Ф.И., Оковитый В.А., Сидоров В.А. [и др.]. Разработка композиционного материала на основе керамики с применением добавок соединений тугоплавких металлов // *Вестник Кузбасского государственного технического университета*. 2020. № 4. С. 18–24.
7. Свиреденок А.И., Мышкин Н.К., Калмыкова Т.Ф., Холодилов О.В. *Акустические и электрические методы в триботехнике*. Минск: Наука и Техника, 1987. 280 с.
8. Кузнецова О.С., Сычѳв С.В., Фадин Ю.А., Чулкин С.Г. Применение акустической эмиссии для исследования изнашивания хрупких материалов // *Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета*. 2012. № 3-2 (154). С. 174–177.
9. Александров Д.А., Будиновский С.А., Горлов Д.С. Разработка функциональных ионно-плазменных покрытий на основе многослойных гетерогенных структур нитридов металлов // *Труды ВИАМ*. 2021. № 8 (102). С. 34–42.
10. Ботвина Л.Р., Болотников А.И., Синев И.О. Иерархия микротрещин при циклическом и статическом нагружении // *Физическая мезомеханика*. 2019. Т. 22. № 6. С. 24–36.
11. Фадин Ю.А. Применение акустической эмиссии для оценки массового износа // *Трение и износ*. 2008. Т. 29. № 1. С. 29–32.

УДК 621.785.53; 621.793

УПРОЧНЕНИЕ НОЖЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН ТВЧ-БОРИРОВАНИЕМ

Рожков Ю. Н., младший научный сотрудник

Федеральный научный агроинженерный центр «ВИМ», г. Москва, РФ

Аннотация. Использование метода ТВЧ-борирования и нанесение на поверхность лезвий ножей косилки упрочняющих покрытий на основе карбида бора позволит увеличить их износостойкость, что повысит эффективность сельскохозяйственных машин и уменьшит затраты на их эксплуатацию, что обеспечит экономическую выгоду для производителей и пользователей данной техники.

Ключевые слова: нож, ТВЧ-нагрев, скоростное ТВЧ-борирование, карбид бора.

Введение

Для среза растительных материалов скашивание различных растительных культур производится, как правило, в полевых условиях [1]. Привод режущего агрегата косилки КРН-2.1 работает от тракторного вала отбора мощности. Через карданную передачу клиноременное соединение, муфту обгонного типа (обеспечивающий холостой ход), а также редуктор и роторные шестеренки. Для присоединения к трактору служат подвеска и сварная рама, закрепляемая к тракторной навеске (ее нижним тягам).[2]

Механизм резания башмаками упирается в почву. Для копирования ее рельефа он имеет способность поворачиваться в опорах кронштейнов. Четыре ротора оснащены восемью ножами двух размеров (средние роторы – более длинными).[3-4]

Если режущий механизм натывается на препятствие, то срабатывает специальный предохранитель, заставляющий косилку развернуться. Он имеет в составе две тяги и клиновые фиксаторы, удерживаемые пружиной [5].

В настоящее время рабочие органы косилок (в том числе ножи) желательно изготавливать в виде быстросъемных технологических модулей, которые легко можно будет заменять после истечения гарантийного срока службы или при ремонте [6, 7]

Цель и задачи исследований – Повышение износостойкости плоских ножей сельскохозяйственных машин за счет нанесения износостойких покрытий методом ТВЧ-борирования.

Материалы и методы исследования

Конструкция ножей определяет качество измельчения растительной массы. На рисунке 1 приведен наиболее распространенный вид ножа косилки КРН-2.1 с заточенными кромками лезвия ножа.



Рис. 1 – Нож косилки КРН-2.1

При проведении экспериментов по индукционной наплавке износостойких покрытий использовали установку СВЧ-40 АВ рисунке 2.



Рис. 2 – Общий вид установки ТВЧ СВ-40АВ

Устройство и принцип работы индукционных нагревателей. Высокочастотный генератор выполнен в виде двух металлических блоков: блока генераторного и блока контуров (трансформатора).

Индукционный нагрев реализуется за счёт энергии переменного магнитного поля. Использование установки ВЧ характеризуется высокой эффективностью переноса энергии и малыми тепловыми потерями. Глубина проникновения индуцируемых токов напрямую зависит от рабочей частоты ВЧ установки индукционного нагрева. [8] Технические характеристики нагревателя представлены в таблице 1.

Результаты исследований

Проведены производственные испытания во Владимирской МИС двенадцать упрочненных ножей по трем различным технологиям по 4 ножа на каждую технологию. Ножи были изготовлены на опытном заводе ВИМ по чертежам завода изготовителя.

Первичной технической экспертизой установлено:

- качество изготовления ножей удовлетворительное, сколы, изъяны отсутствуют;

- упрочнение опытных ножей выполнено нанесением наплавленного слоя на режущую кромку тыльной стороны ножа длиной 45мм; серийный нож имеет упрочнение по всей рабочей длине лезвия;

- твердость режущей кромки упрочненных ножей (65 HRCэ) имеет превышение над заводскими (45 HRCэ).

- фактические размеры серийных и опытных ножей одинаковы и соответствуют геометрическим параметрам конструкторской документации на косилку КРН-2,1;

- все испытываемые ножи устанавливаются на косилку без замечаний;

- испытания проходили при скашивании травостоя на площади 53 га.

Износостойкие покрытия по технологии ТВЧ-борирования выше в 2 раза по сравнению с серийными ножами.

Таблица 1 – Технические характеристики нагревателя

Названия параметров	Значения параметров
Напряжение питания, В	380
Потребляемая мощность, кВт	40
Диапазон рабочих частот, кГц	150-200
Выходное напряжение, В	340-430
Максимальный ток на выходе, А	300-1500
Температура охлаждающей воды, С	40
Давление в системе охлаждения, МПа	0.08-0.16
Расход воды, л/мин	7,6
Вес генератора, кг	35
Вес трансформатора, кг	30
Размеры генератора, мм	600x255x540
Размеры трансформатора, мм	450x255x390

Выводы

1. Результаты испытаний показывают, что упрочнение ножей ТВЧ-борированием позволило получить лучшие результаты по износостойкости из трех технологий упрочнения. Износостойкие покрытия по технологии ТВЧ-борирования выше в 1,8-2,0 раза по сравнению с серийными ножами.

2. Установлено, что большее число повреждений ножей (сколы, разрушение) наблюдается у ножей из высокоуглеродистой стали с содержанием углерода до 1,8 %. Целесообразно использовать метод ТВЧ-борирования на

стали с меньшим содержанием углерода (сталь 45 или Ст. 3) с доведением зоны резания до твердости 52-56 HRC.

3. Целесообразно работу продолжить в кооперации с одним из заводов изготовителей косилок КРН-2,1 с целью замены метода закалки ТВЧ ножей на метод ТВЧ-борирования с использованием менее легированной стали.

Библиографический список

1. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – Москва : ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с. – ISBN 978-5-6049928-2-1.

2. Косилка ротационная навесная КРН-2.1 Режим доступа: <https://tractorreview.ru/navesnoe-i-pricepnoe-oborudovanie/kosilka-rotatsionnaya-navesnaya-krn-2-1.html>

3. Иванов В.И., Аулов В.Ф., Рожков Ю.Н. Эффективность эксплуатации ножей-измельчителей отечественного и импортного производства, используемых в сельскохозяйственных машинах // Технический сервис машин. – 2020. – № 2 (139). – С. 149-154.

4. Крупин А.Е. Результаты исследований износостойкости рабочих органов косилки КРН при эксплуатационных испытаниях // Вестник НГИЭИ. – 2013. - № 8. – С. 42-48.

5. Крупин А. Е., Колпаков А. В. Способы увеличения ресурса рабочих органов режущих аппаратов уборочных машин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. Теоретический и научнопрактический журнал. 2012. №5. С. 31–33.

6. Ишков А.В., Кривочуров Н.Т., Мишустин Н.М., Иванайский В.В., Максимов А.А. Износостойкие боридные покрытия для почвообрабатывающих органов сельхозтехники // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. -2010. -№ 9 (71). -С. 71-75.

7. Кривочуров Н.Т., Иванайский В.В., Ишков А.В., Щеголев А.В. Об эффективности различных вариантов упрочнения ножей измельчителя-разбрасывателя соломы зерноуборочного комбайна // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 9 (167). С. 151-158.

8. Аулов В.Ф., Рожков Ю.Н., Ишков А.В., Кривочуров Н.Т., Иванайский В.В., Новиков В.С., Коневцов Л.А. Экспериментальные исследования износостойкости образцов из стали 65Г и с покрытием скоростным ТВЧ-борированием // Труды Кольского научного центра РАН – 2018. – Т. 9. № 2-2. – С. 507-511.

**РАЗЛИЧНЫЕ ВИДЫ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ НА ПРИМЕРЕ СИСТЕМ
ЭВТЕКТИЧЕСКОГО ТИПА***Соболь О. В., к.х.н., доцент**Греднев Д. С., ассистент**Полошков Д. Н., студент**ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Россия*

Аннотация. В работе приведены характерные термограммы, отражающие различные виды кристаллизации сплавов в системах эвтектического типа. С учетом «раздвоения» экзо-эффектов, фиксируемых на термограммах, общая кристаллизация представлена в виде ее дискретности – отдельно относительно температуры ликвидус и отдельно для температуры солидус.

Ключевые слова: кристаллизация, переохлаждение, температура ликвидус, температура солидус, система эвтектического типа.

Известно, что плавление в системах эвтектического типа начинается при температуре солидуса T_S и заканчивается при температуре ликвидуса T_L . Кристаллизация же, наоборот, начинается при T_L и заканчивается при T_S . Причем эти процессы происходят непрерывно от T_L к T_S или от T_S к T_L . Соответственно, поглощение теплоты фазового превращения и ее выделение должно происходить непрерывно от T_S до T_L , либо от T_L до T_S . Однако, имеются данные об «автономном» характере тепловыделения либо поглощения вблизи температур ликвидуса и солидуса. В отличие от термограмм, фиксирующих эндотермический эффект плавления, термограммы, характеризующие экзо-эффекты кристаллизации, имеют довольно сложный вид, отражающие различные этапы затвердевания раствора (расплава) между температурами T_L и T_S , о чем имеются и литературные данные [1,2].

Результаты экспериментальных исследований процессов кристаллизации сплавов в системах эвтектического типа свидетельствуют о том, что с учетом «раздвоения» экзо-эффектов, фиксируемых на термограммах, общая кристаллизация представлена в виде ее дискретности – отдельно относительно температуры ликвидус и отдельно для температуры солидус. Причем имеют место два вида кристаллизации [3-5]. Первый вид – это квазиравновесная кристаллизация (КРК), которая происходит при температурах близким к температурам ликвидуса T_L и солидуса T_S . Вторым видом является неравновесно-

взрывной кристаллизацией (НРВК), которая начинается при $T_{\min} < T_L$, или $T_{\min} < T_S$, т.е. после достижения определенных предкристаллизационных переохлаждений $\Delta T_L^- = T_L - T_{\min}$, $\Delta T_S^- = T_S - T_{\min}$ относительно линии ликвидус или относительно линии солидус, соответственно.

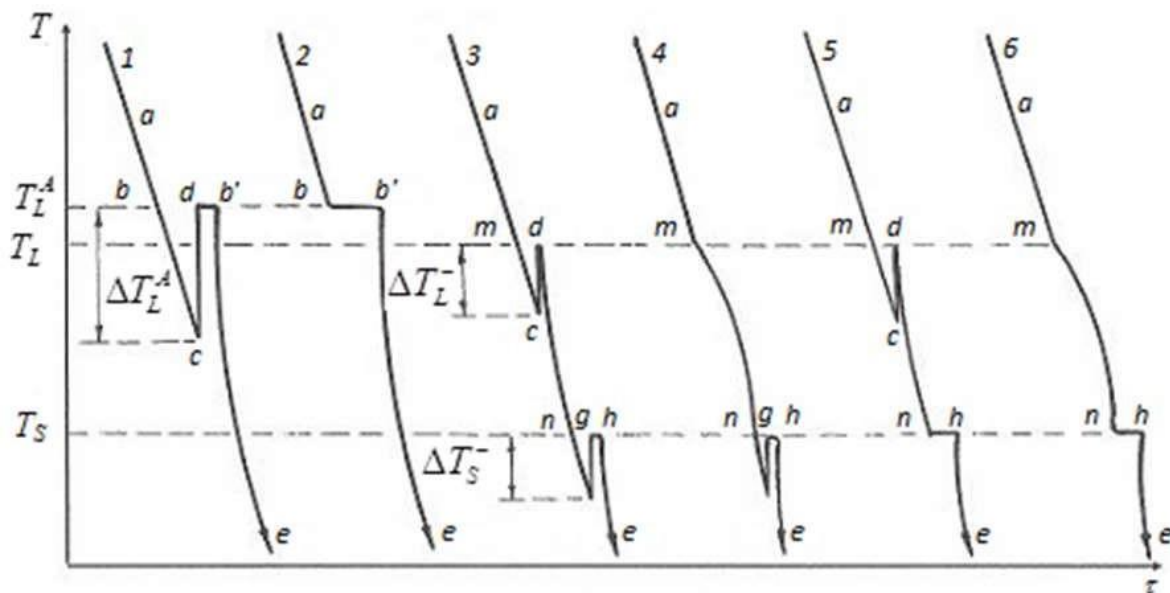


Рис. 1 – Характерные кривые охлаждения: термограммы 1,2 – чистый компонент А, термограммы 3-6 – произвольный доэвтектический сплав.

На рис. 1 в качестве примера приведены схематические термограммы, характеризующие оба вида кристаллизации: КРК и НРВК в координатах температура T – время τ для доэвтектического сплава.

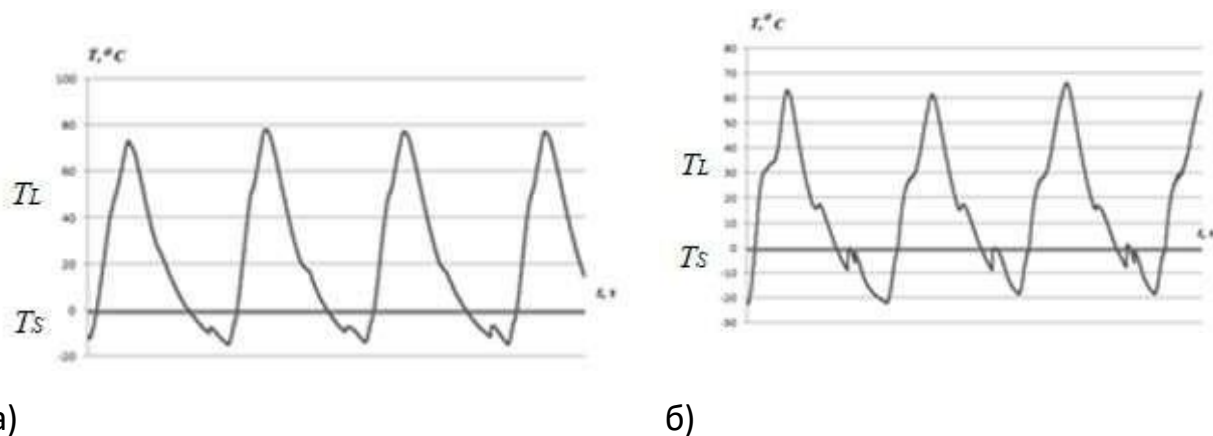


Рис. 2 – Экспериментальные кривые нагревания-охлаждения: а) в системе вода - $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, б) в системе вода - $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

На рисунке 2 приведены экспериментальные кривые нагревания-охлаждения образцов в системах вода-кристаллогидрат, которые являются системами эвтектического типа, характеризующие различные виды

кристаллизации, как относительно линии ликвидус, так и относительно линии солидус.

Рассмотрим подробнее различные этапы затвердевания из метастабильной области по термограмме 1 на рис. 1. Кривая охлаждения $abcdb'e$ с учетом фазового превращения дает достаточную информацию о кинетических параметрах затвердевания: скорости массовой кристаллизации dm/dt , инкубационном периоде τ_1 зародышеобразования, времени коагуляции зародышей τ_2 , времени докристаллизации τ_3 , степени переохлаждения ΔT_L^- , времени затвердевания $\tau_S : \tau_S = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3$. При охлаждении жидкой фазы за время τ_1 из точки a до точки c на термограмме какие-либо экзотермические эффекты не фиксируются. Далее температура быстро поднимается от температуры T_{\min} до температуры плавления T_L за время τ_2 . Быстрый подъем температуры от точки c до точки d свидетельствует о некотором адиабатном процессе, происходящем в переохлажденном растворе, в результате которого последний прогревается от T_{\min} до T_L . Кроме этого, за время τ_1 начинают формироваться зародыши кристалла, т.к. размеры зародышей и работа их образования зависят от степени переохлаждения ΔT^- . При образовании зародышей должна выделяться определенная энергия в виде теплоты Q_1 за инкубационный период времени τ_1 . Тот факт, что на участке bc не фиксируются какие-либо признаки экзо-эффектов, не есть доказательство того, что за время τ_1 в растворе ничего не происходит. Имеется немало работ [6-9], свидетельствующих о том, что в переохлажденном состоянии флуктуационно возникают единичные зародыши кристаллов. Однако теплота, выделяемая при этом настолько мала, что практически не может быть зарегистрирована измерительной аппаратурой. Аналогичное объяснение и для «взрывной» кристаллизации относительно линии солидус.

Трактовку причин разных видов кристаллизации (а именно КРК или НРВК) обычно связывают с наследственной структурой жидкой фазы вблизи температуры плавления. Согласно рентгеноструктурных исследований [10,11] сразу после плавления в жидкой фазе в некотором температурном интервале сохраняются фрагменты ближнего порядка, т.е., кристаллоподобные кластеры. При охлаждении подобной «кластеризованной» жидкой фазы кластеры становятся как бы «затравками» для кристаллизации, и она происходит практически без переохлаждения по типу КРК (см. рис. 1, термограмма 2). Однако, если жидкость сильно прогреть, то кластеры разрушаются, и при охлаждении подобной жидкости ниже T_L необходим определенный инкубационный период τ_1 в течение которого связи между молекулами восстанавливаются, образуя те же самые кластеры или зародыши.

Объяснение же, почему в одних случаях кристаллизация относительно линии ликвидус и линии солидус имеет вид НРВК (рис. 1, термограмма 3), а в других случаях относительно линии ликвидус КРК, а относительно линии солидус НРВК (рис. 1, термограмма 4) и наоборот (рис. 1 термограмма 5) является актуальной задачей материаловедения [12].

Библиографический список

1. Hohnе G., Zhao J. Methods for Phase Diagrams Determination. GE Global Research., 2007. 505 p.
2. Александров В.Д., Щебетовская Н.В. Расхождение экзотермических эффектов при кристаллизации расплавов бинарных углеводородов. // Расплавы: Москва, 2014. № 1. – С 2-5.
3. Александров, В.Д. Кинетика зародышеобразования и массовой кристаллизации переохлажденных жидкостей и аморфных сред. Донецк: Донбасс, 2011. – 591 с.
4. Aleksandrov, V.D. Research of overcooling in system $H_2O-Na_2SO_4$ // Physics and Chemistry of Solid State. 2009. V. 10. № 1. – P. 177-182.
5. Постников, В.А. Кинетика плавления и кристаллизации ацетата натрия тригидрата // Весник Донецкого национального университета. Серия А: 2010. Вып. 2. – С. 205-210.
6. Данилов, В.И. Строение и кристаллизация жидкостей. Киев: Известия АН УССР. 1956. – 568 с.
7. Кидяров, Б.И. Кинетика образования кристаллов из жидкой фазы. Новосибирск: Наука, 1979. – 135 с.
8. Уббелоде, А.Р. Расплавленное состояние вещества. М.: Металлургия, 1982. – 376 с.
9. Чалмерс, Б. Теория затвердевания. М.: Металлургия, 1968. – 287 с.
10. Флемингс, М. Процессы затвердевания. М.: Мир. – 1977. – 423 с.
11. Регель, А.Р. Закономерности формирования структуры электронных расплавов. М.: Наука. – 1982. – 320 с.
12. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – Москва : ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с. – ISBN 978-5-6049928-2-1.

КЛАСТЕРНАЯ СТРУКТУРА РАВНОВЕСНЫХ И НЕРАВНОВЕСНЫХ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ

Фролова С. А., к.х.н., доцент, зав. кафедры «Физика и прикладная химия»,

Миськевич А. С., студент

Свириденко С. А., студент

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,
г. Макеевка, ДНР, Россия*

Аннотация. В работе описана динамика изменения структуры расплава при охлаждении твердых растворов замещения в процессе квазиравновесной (КРК) и неравновесно-взрывной кристаллизаций (НРВК) с учетом процессов кластеризации.

Ключевые слова: сплавы, твердые растворы замещения, кластеры, зародыши, равновесная и неравновесная кристаллизации.

Различными исследованиями показано, что структура материалов чуть выше температуры плавления очень близка к структуре твердой фазы [1]. Это привело к тому, что можно схематически описать строение жидкой фазы [2,3]. В литературе делались попытки моделирования расплавов с учетом кластерного строения жидкости. Схема кластеризации расплава, предложенную В.И. Архаровым, в материаловедении считается почти совершенной. Однако, эта схема описывает кристаллизацию только эвтектических сплавов только при равновесной кристаллизации и не учитывает метастабильного состояния сплавов относительно линий ликвидус и солидус. Нами в работах [4] была предложена схема для эвтектических сплавов с учетом равновесной кристаллизации и охлаждения из метастабильного состояния.

Целью данной работы является последовательный анализ изменения структуры расплава непрерывного ряда твердых растворов при кристаллизациях типа КРК и НРВК с учетом стадии зародышеобразования. Для описания изменения структуры вещества при охлаждении необходимо проследить за этим процессом от температур значительного перегрева расплава выше температуры плавления (ликвидуса) T_L до температур, когда затвердевает последняя капля жидкости. В жидком состоянии при температурах, близких к температурам T_L , для многих веществ найден т.н. «критический перегрев» $\Delta T_K^+ = T_K^+ - T_L$ ($T_K^+ > T_L$) [5], особенностью которого является то, что расплав, охлажденный от температур $< T_K^+$, кристаллизуется квазиравновесно (КРК) с минимальным предкристаллизационным переохлаждением ΔT^- ($\Delta T^- = T_L - T_{min}$, $T_{min} < T_L -$

температура начала взрывной кристаллизации), т.е. сохраняется кластерное состояние. При кристаллизации типа КРК температура ликвидус T_L почти совпадает с температурой T_L при плавлении. А вот расплав, охлажденный от температур $\geq T_K^+$, кристаллизуется со значительным предкристаллизационным переохлаждением ΔT^- и ниже температуры T_L сплав переходит в метастабильное состояние, а взрывная самопроизвольная кристаллизация наступает только после достижения температуры T_{min} . Причем величина ΔT^- для сплавов зависит от многих факторов (термической предыстории, концентрации сплава и т.п.). У некоторых сплавов может наблюдаться переохлаждение ΔT^- только относительно температуры T_L , у некоторых – только относительно температуры солидус (T_S). Но есть сплавы, кристаллизующиеся с наличием двух переохлаждений как относительно T_L , так и относительно T_S .

Возьмем для примера диаграмму состояния твердого раствора (рис. 1) и нанесем на нее «критические» перегревы T_K^+ для всех экспериментально проверенных сплавов. Эта линия образует границу раздела между расплавом и кластеризованной жидкостью (см. пунктирную линию выше кривой ликвидуса). Процесс кристаллизации расплава из кластеризованной жидкости (от точки a^*) при равновесной кристаллизации от точки a до точки g и дальнейшего охлаждения твердой фазы от точки g до точки M проходит таким образом, что кластеры K_α превращаются в устойчивые к росту зародыши Z_α при температуре, близкой к T_L или с небольшим переохлаждением ΔT^- . В данном случае при охлаждении расплав меняет свою структуру в следующей последовательности $ж \rightarrow ж + K_\alpha \rightarrow ж + \alpha_T \rightarrow \alpha_T$. При этом кристаллизация начинается при температурах ликвидуса, заканчивается при температурах солидуса, и носит равновесный характер. Состав первых кристаллов согласно правилу фаз характеризуется точкой a'' и составляет $A + f \% B$, а состав последних капель жидкости - характеризуется точкой g' и составляет $A + h \% B$ (рис. 1). Отсутствие предкристаллизационного переохлаждения у сплавов можно трактовать с помощью кластерно-коагуляционной модели [6], согласно которой в расплаве сохраняются кластеры со структурой будущей твердой фазы, и расплав кристаллизуется, как бы, на собственных затравках.

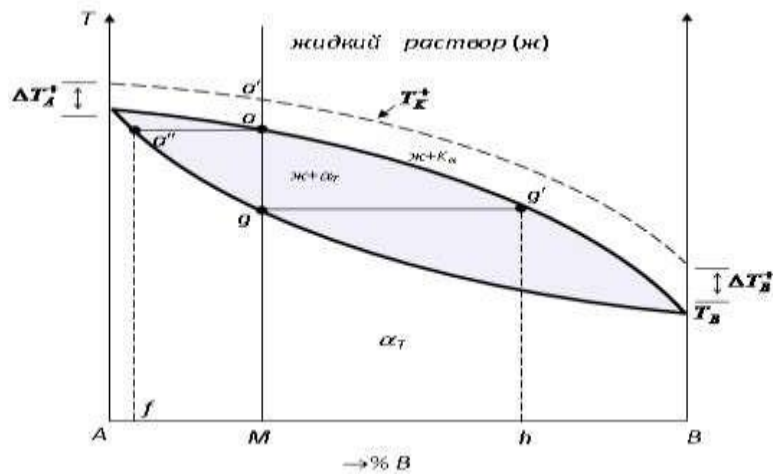


Рис. 1 – Схематическое изображение структурных изменений в жидкой, жидко-твердой и твердой фазах для сплавов, образующих непрерывный ряд твердых растворов

Неравновесно-взрывная кристаллизация характеризуется тем, что ниже температуры ликвидус вещество находится в метастабильном состоянии. За это образуются первичные и вторичные и т.п. зародыши кристаллов. При достижении максимальных концентраций кластеров-зародышей, они сближаются образуют первичную твердую фазу, т.е. устойчивый к росту зародыш. При этом выделяется теплота коагуляции Q_k , приводящая к повышению температуры, а далее за оставшееся время происходит докристаллизация оставшейся жидкой фазы. Проанализируем теперь область диаграммы состояния, характеризующую метастабильное состояние переохлажденных расплавов (рис. 2) относительно температуры ликвидус (для сплавов и отсутствием предкристаллизационных переохлаждений относительно линии солидус). Нанесем на нее как точки T_K^\ddagger , так и минимальные температуры T_{min} начала самопроизвольной кристаллизации.

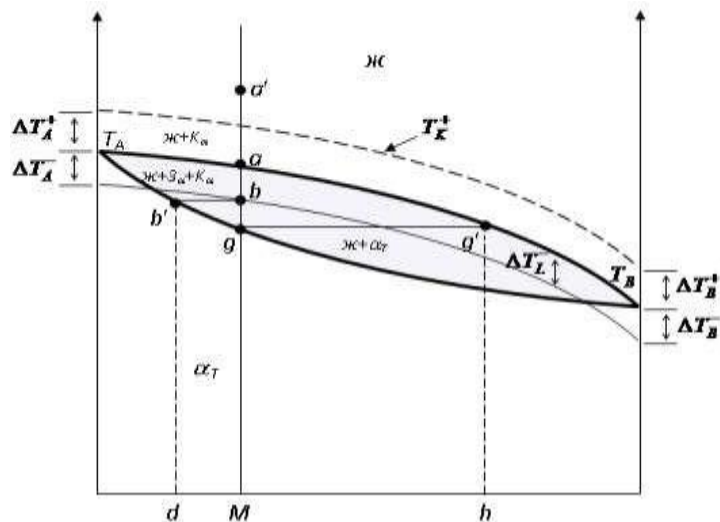


Рис. 2 – Схема изменения структуры фаз при равновесной и неравновесной кристаллизации сплавов, образующих непрерывный ряд твердых растворов

Ниже температур ликвидуса часть кластеров K_α перестраивается в устойчивые зародыши Z_α , а переохлажденный расплав можно рассматривать как сосуществование зародышей Z_α и кластеров K_α . Появление зародышей кристаллов в метастабильной области термодинамически обосновано, т.к. размеры и работы их образования зависят от переохлаждений относительно линии ликвидуса [5-8].

Если после начала взрывной кристаллизации температура сплава поднимается до линии ликвидуса, то в этом случае можно предположить, что выделившаяся теплота Q_k объединяет образованные зародыши почти в полном объеме и далее от линии ликвидуса до линии солидуса происходит последующее охлаждение готовой твердой фазы (кристаллов твердого раствора α_T). Состав первых кристаллов логично было бы определять при температуре T_{min} (точка b на рис. 2), который будет характеризоваться точкой b'' и иметь концентрацию $A + d \% B$. В реальных системах в результате неравновесной кристаллизации температура сплава часто не поднимается от T_{min} до T_L , тогда можно предположить, что выделившаяся теплота коагуляции Q_k частично расплавляет образованные зародыши и при последующем охлаждении до температуры солидус происходит докристаллизация оставшегося расплава. При кристаллизации типа НРВК расплав меняет свою структуру в следующей последовательности $ж \rightarrow ж + K_\alpha \rightarrow ж + K_\alpha + Z_\alpha \rightarrow ж + Z_\alpha \rightarrow ж + \alpha_T \rightarrow \alpha_T$.

Выводы в работе можно сделать такие, что диаграмма состояния с нанесенными областями выше (критических перегревов) и ниже температуры ликвидус (метастабильная область), в которых имеются различные структурные единицы, позволяет отслеживать динамику изменения этапов кластеризации при охлаждении из расплава.

Библиографический список

1. Л.Ю. Коваленко, В.А. Бурмистров, Д.А. Захарьевич. Состав и структура фаз, образующихся при термолизе твердых растворов замещения $H_2Sb_{2-x}V_xO_6 \cdot nH_2O$ // Конденсированные среды и межфазные границы. 2020. № 22 (1). С.75-83.
2. А.И. Аникин, Т.Р. Гильманшина, В.И. Аникина, А.А. Ковалева, Н.А. Бабицкий, А.Ю. Семушева. Влияние жидкой фазы на формирование структуры литого сплава Al-11,7% Si // Литье и металлургия. 2016. № 1(82). С. 14-17.
3. Скребцов А.М., Иванов Г.А., Кузьмин Ю.Д., Качиков А.С.,

Золотарева Е.В. Влияние температуры нагрева жидкого алюминиевого сплава на микроструктуру затвердевшего металла // Вестник приазовского государственного университета. 2011. № 2 (23). С. 138-142.

4. Александров В.Д., Фролова С.А., Покинтелица Е.А., Зозуля А.П., Амерханова Ш.К. Динамика изменения кластерной структуры в процессе равновесной и неравновесной кристаллизации // Расплавы. 2017. №6 . С. 484-490.

5. Александров В.Д. Кинетика зародышеобразования и массовой кристаллизации переохлажденных расплавов и аморфных сред / Александров В.Д. Донецк: Донбасс, 2011. 591 с.

6. Н.К. Толочко, А.А. Андрушевич. Кластерная структура расплавов // Литье и металлургия. 2013. № 4 (73). С. 59-64.

7. Александров В.Д., Соболев А.Ю., Зозуля А.П. Анализ кинетики зародышеобразования и массовой кристаллизации переохлажденного расплава в соответствии с термограммами плавкости // Расплавы. 2018. № 3. С. 350-358.

8. Исследование свойств плазменных покрытий на основе применения регрессионного анализа / А. Ф. Пузряков, И. Н. Кравченко, А. В. Коломейченко, И. Е. Пулавцев // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2015. – № 10. – С. 28-32. – EDN ULQVKV.

УДК 669.058.7

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ОСАЖДЕНИЯ НА СОСТАВ И СТРУКТУРУ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ЖЕЛЕЗО-ХРОМОВОГО ПОКРЫТИЯ

Янута А. С., старший преподаватель,

Корнейчук Н. И., профессор,

Бендерский политехнический филиал Приднестровского государственного университета им. Т.Г. Шевченко, г. Бендеры, Приднестровье

Аннотация. В статье представлены исследования влияния условий осаждения на состав и структуру электролитического железо-хромового покрытия. В ходе исследований установлено, что покрытия полученные из сульфатно-хлоридного электролита при температуре электролита $40 \pm 1^\circ\text{C}$, плотности тока $15 \dots 60 \text{ А/Дм}^2$, кислотности электролита $\text{pH} = 0,3 \dots 0,8$ содержат $1,34 \dots 11,9\%$ хрома, имеют трещиноватую, трещиновато-слоистую и слоистую структуру.

Ключевые слова: электролитическое покрытие, восстановление, автомобильный транспорт, сплав, железо-хром, условия осаждения, микроструктура.

Введение. Одним из технологических направлений снижения затрат на ремонт автотранспорта и спецтехники, в том числе в условиях дефицита «качественных» запасных частей – это восстановление изношенных деталей. Существуют различные технологии восстановления деталей автомобильного транспорта. К наиболее распространенным технологиям относятся нанесение электролитических покрытий на основе железа, хрома и нанесение композиционных покрытий [1, 2, 3, 4, 5].

Одной из распространенных деталей в автотранспортной технике является деталь типа-вал, у которой наиболее часто встречаемым дефектом является износ посадочных мест под подшипник качения или скольжения. Размер износа посадочного места под подшипник валов трансмиссии автотракторной техники, при котором выбраковывают деталь, не превышает 0,1 мм. Основной причиной износа посадочных мест под подшипники качения является фреттинг-коррозия и абразивный износ вала. Известно, что доля отказов трансмиссии автомобилей семейства КамАЗ составляет 11,8...18,9 % [6]. Одним из наиболее часто встречающихся причин отказа коробок передач является износ шеек под подшипники.

Одним из способов повышения физико-механических характеристик электролитического покрытия на основе железа – это применение сплава. Существуют различные легирующие добавки для получения электролитического сплава (кобальт, никель, хром и др.) [7-9].

Известно, что в ходе эксплуатации в трансмиссионном масле накапливается вода, наличие которой будет повышать коррозионные процессы трущихся со смазкой поверхностей. Наличие в электролитическом покрытии на основе железа легирующей добавки хрома, повысит коррозионную стойкость восстановленной или упрочненной поверхности под подшипник качения. Уменьшение коррозионного износа поверхности вала снижает количество продуктов износа накапливаемых в ходе эксплуатации, что в свою очередь уменьшает абразивный износ поверхности вала в ходе проворачивания кольца подшипника относительно вала.

Трещиноватая и трещиновато-слоистая структура покрытия на основе железа оптимальна для поверхностей работающих в условиях приграничного трения., т.к. в трещинах аккумулируется смазка и при недостатке на поверхности трения компенсируется из трещины. Т.е. исследование микроструктуры и

состава электролитического железо-хромового покрытия является актуальной проблемой.

Цель и задачи исследования. Целью и задачей наших исследований является определение влияния условий осаждения на состав и структуру электролитического железо-хромового покрытия.

Объектом исследования является электролитическое железо-хромовое покрытие, получаемое из разработанного сульфатно-хлоридного электролита [10]. Нанесение покрытия осуществляли в электролизере объемом 5 л, питаемым источником постоянного тока, с возможностью регулирования тока. Температура электролита (40°C) поддерживалась термореле с точностью $\pm 1^\circ\text{C}$. Кислотность электролита изменялась путем добавления концентрированной технической серной кислоты. Измерение кислотности производилось при помощи рН метра модели Smart Sensor AS218, откалиброванным по требованиям завода изготовителя (по трем буферным растворам). Покрытие осаждали на пластинчатые образцы площадью $S=0,2 \text{ Дм}^2$. Перед каждым осаждением производилась проверка концентрации железа (II) и железа (III) фотометрическим способом.

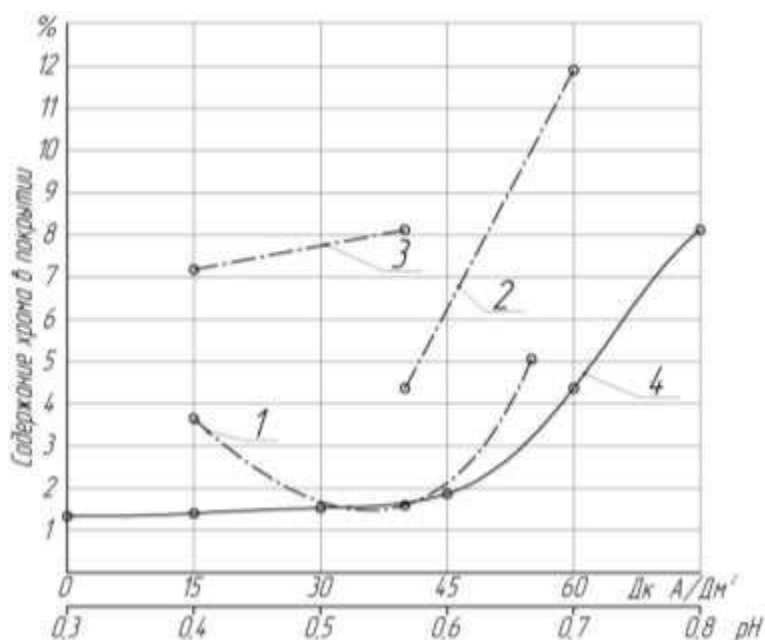


Рис. 1 – Зависимость содержания хрома в электролитическом железо-хромовом покрытии от условий осаждения: 1 – тэл.=40°C, рН=0,6; 2 – тэл.=40°C, рН=0,7; 3 – тэл.=40°C, рН=0,8; 4 – тэл.=40°C, Дк=40 А/Дм²

Плоскость металлографического шлифа подготавливалась по ГОСТу 9.302-88, с последующим травлением раствором 5-% азотной кислоты в этиловом спирте. Исследование структуры проводилось при помощи металлографического микроскопа ММУ-3 модернизированного видеоокуляром с подключением к персональному компьютеру.

Анализ состава железо-хромового покрытия производился в центральной испытательной лаборатории ОАО «Молдавский металлургический завод» г. Рыбница (ПМР), по ГОСТу 12350-78.

Результаты исследований. При изменении кислотности электролита $pH=0,3...0,8$ содержание хрома в покрытии составляет $1,34...8,12\%$ (Рис. 1 кривая 4). В исследованных покрытиях встречается трещиноватая, трещиновато-слоистая и слоистая микроструктура (Рис. 2). Для покрытий, полученных при $pH=0,3...0,4$, характерна трещиноватая структура (Рис. 2 а,б), содержание хрома составляет $1,34...1,41\%$. Результаты исследований состава и структуры покрытия, полученных при других условиях представлены на графиках (Рис. 1 кривые 1...3) и микрофотографиях (Рис. 2 с...е).

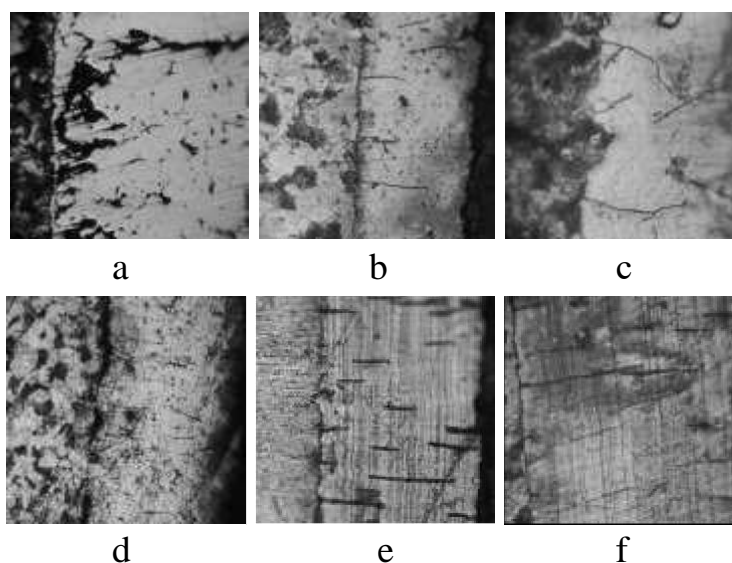


Рис. 2 – Микрофотографии структуры электролитического железо-хромового покрытия ($t_{эл.}=40^{\circ}C$, $D_k=40 A/Дм^2$): а – $pH=0,3$ (624х); б – $pH=0,4$ (990х); с – $pH=0,5$ (990х); д – $pH=0,6$ (624х); е – $pH=0,7$ (624х); е – $pH=0,7$ (990х)

Выводы. Установлены закономерности влияния условий осаждения на состав и структуру покрытия; определены условия осаждения: при которых структура формируется трещиноватая, трещиновато-слоистая структура покрытия; при которых в состав электролитического железо-хромового покрытия входит $1,34...11,9\%$ легирующей добавки – хром. Определены условия осаждения, используемые для износных и коррозионных испытаний покрытия.

Библиографический список

1. Ляхов Е. Ю., Зорин В. А. Повышение эффективности эксплуатации дорожных машин и автомобилей за счет применения ремонтных полимерных материалов // Наука и техника в дорожной отрасли, № 1(95), 2021. С. 39-43.

2. Ляхов Е. Ю., Зорин В. А., Штефан Ю. В. Определение оптимальных технологических режимов нанесения ремонтных полимерных материалов // Техничко-технологические проблемы сервиса, № 4(54), 2020. С. 15-25.

3. Kotomchin A. N., Zorin V. A. Study of High-Performance Chromium Electrolyte for Restoration of Automobile and Road-Construction Machinery Parts // 2021 Intelligent Technologies and Electronic Devices in Vehicle and Road Transport Complex, TIRVED 2021 - Conference Proceedings, Moscow, 11–12 ноября 2021 года. Moscow. 2021. – DOI 10.1109/TIRVED53476.2021.9639216. – EDN EMREBL.

4. Котомчин А. Н., Синельников А. Ф., Корнейчук Н. И. Сравнительная характеристика электролитов хромирования для восстановления и упрочнения деталей машин // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник, № 7, 2020. С. 20-55. – DOI 10.36535/0236-1914-2020-07-9.

5. Котомчин А. Н., Корнейчук Н. И. Производственные рекомендации по применению электролита хромирования в условиях предприятий Приднестровья // Мир транспорта и технологических машин, № 3(74), 2021. С. 24-34.

6. Янута А. С. Анализ отказов агрегатов грузовых автомобилей камаз автотранспортных предприятий г. Бендеры // Высокие технологии и инновации в науке : сборник избранных статей Международной научной конференции. Санкт-Петербург, 28 января 2021 года. – Санкт-Петербург: ГНИИ «Нацразвитие». 2021. С. 171-176.

7. Янута А. С., Штефан Ю. В., Федоров В. К., Корнейчук Н. И. Моделирование процесса электролитического покрытия сплава железо-хром из сульфатно-хлоридного электролита при восстановлении деталей машин // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета, Т. 20, № 2(90), 2023. С. 260-276. – DOI 10.26518/2071-7296-2023-20-2-260-276.

8. Бомешко Е. В., Корнейчук Н. И. Электроосаждение двойных и тройных сплавов на основе железа и хрома: теоретические представления и практические рекомендации // Вестник ПГУ, Т. 3, № 53. – EDN LWYMVV, 2019. С. 153-165.

9. 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.

10. Янута А. С. Исследование влияния режимов осаждения на структуру электролитического бинарного покрытия Fe-Cr, полученного из сульфатно-хлоридного электролита/ А. С. Янута // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), № 3(70), 2022. С. 17-21.

СЕКЦИЯ: «ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА»

УДК 631.363.285

УСТРОЙСТВО ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ ШНЕКОВ ЭКСТРУДЕРОВ ДИФФУЗИОННЫМ БОРИРОВАНИЕМ В ОБМАЗКАХ В ТВЧ

Басов С. С., аспирант

Научный руководитель: Скороходов Д. М., к.т.н., доцент

*Российский государственный аграрный университет – МСХА имени
К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ*

Аннотация: Проведен патентный поиск современных устройств для упрочнения шнековых рабочих органов экструдеров. На основе данного анализа, о перспективности внедрения инновационных методов нанесения упрочняющих покрытий шнеков экструдеров разработано устройство позволяющее упрочнять шнеки экструдеров диффузионным борированием в обмазках нагревом ТВЧ.

Ключевые слова: установка ТВЧ, борирование, износ, шнек, экструдер.

Введение. В современном сельском хозяйстве экструдеры играют ключевую роль в переработке сельскохозяйственной продукции. Шнековые пресс-экструдеры используются для обработки кормов, получения растительных масел и производства комбикормов. Рабочие органы этих агрегатов (шнеки) подвергаются интенсивным нагрузкам при высоких температурных режимах работы, что требует глубокого понимания условий их эксплуатации для обеспечения долгосрочной и эффективной работы оборудования.

На долю России приходится 9 % производства экструдеров для пищевой промышленности. На первом месте по производству экструдеров является Китай – 18,6 %, на втором месте Италия – 17 % и на третьем месте Германия – 12 %. [1].

В процессе работы экструдера витки его шнека, под воздействием давления и высокой температуры, а также постоянно действующей силы трения со стороны перерабатываемого сырья - изнашиваются, что приводит к нарушению в технологическом процессе производства и, следовательно, к экономическим потерям.

Основными видами износа шнековых рабочих органов являются: адгезионный; абразивный; коррозионный [2].

Учитывая сложность и высокую стоимость новых шнеков, важную роль играют мероприятия по упрочнению рабочей кромки шнеков экструдеров.

Необходимо разрабатывать отечественные технологии, устройства позволяющие упрочнять шнеки экструдеров. Эти устройства должны быть автоматизированными и полностью выполнять технологический процесс по упрочнению и контролю качества упрочненного слоя [3, 4, 5].

Цель исследования: разработать кинематическую схему установки для упрочнения шнеков экструдеров диффузионным борированием в обмазках в ТВЧ.

Для выполнения поставленной цели необходимо решить ряд задач: 1. Провести патентное исследование существующих установок по упрочнению шнеков; 2. Определить существенные признаки разрабатываемой конструкции. 3. Разработать кинематическую схему устройства для упрочнения шнеков методом нагрева ТВЧ.

Материал и методы. Одним из перспективных методов упрочнения рабочей поверхности детали путем нанесения износостойких покрытий.

Для получения поверхностного слоя шнека с высокой твердостью и прочностью, стойкостью к коррозии применяют методы химико-термической обработки (ХТО), заключающиеся в одновременном воздействии на поверхность температуры и веществ, способных химически реагировать с материалом детали. [2, 3].

Диффузионное борирование является одним из способов ХТО. Оно позволяет получить упрочненный диффузионный поверхностный слой (около 300 мкм) состоящий из боридов железа и легирующих элементов [6, 7]. Одним из недостатков данного метода является длительность обработки, поэтому для интенсификации процесса, диффузионное борирование [8, 9] используется совместно с технологией высокоскоростного нагрева методом токами высокой частоты (ТВЧ-нагрев). Данная технология позволяет существенно ускорить процесс, так как ТВЧ способно нагреть поверхность детали за короткое время. На опытные образцы наносится борсодержащая паста и далее нагревают в ТВЧ установке до температуры 1300-1350°C, при этом время нагрева составляет 40-60 сек. Далее необходимо осуществить выдержку в течении 120 секунд., после чего образцы извлекают и охлаждают на воздухе.

Учитывая сложность геометрической формы шнека экструдера, для упрощения процесса получения упрочняющего слоя, создаются установки, позволяющие автоматизировать процесс диффузионного борирования в обмазках в ТВЧ.

Результаты исследований. Проведенный анализ патентных исследований показал, что существуют множество вариантов конструкций по упрочнению шнеков различными методами. Ведущими странами в области разработки упрочняющих устройств методом ТВЧ являются Китай (KR), РФ

(RU), Республика Беларусь (BY). Ретроспектива поиска составляет 25 лет, что является достаточной глубиной для определения охраноспособности данного объекта. Проверка патентной чистоты проводилась в отношении всех перечисленных стран.

В результате предметного поиска, проведенного по указанным наиболее развитым в данной отрасли странам, и следующих за ним предварительного рассмотрения и отбора был составлен перечень патентов, подлежащих дальнейшему детальному анализу: RU 2 499058 C1(RU); RU 2071504 C1 (RU); RU 2 407 806 C1 (KR). RU 93397 U1 (RU); CN2617776Y (KR); RU 2369647 C2 (RU); BY 9966 U (BY); BY 1618 U (BY); BY 9985 U (BY); CN2617776Y (KR); CN1502706A, (KR), RU 163511 U1 (RU) и другие.

Выявлены основные технические признаки, которые присутствуют в подобных установках, к ним относятся: преобразователь частоты с индукционным нагревателем и его системой охлаждения, наличие привода и съёмного приспособления, панель управление устройством.

На основе проведенного патентного поиска была разработана кинематическая схема установки для упрочнения шнеков экструдеров диффузионным борированием в обмазках нагревом в ТВЧ, (заявка на патент № 2023126676). Принципиальная схема установки изображена на рисунке 1.

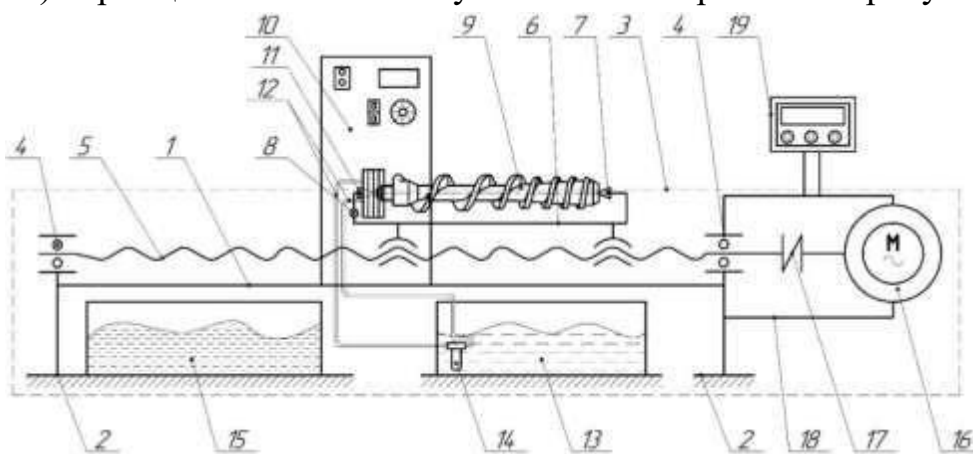


Рис. 1 – Установка для упрочнения шнеков экструдеров диффузионным борированием в обмазках нагревом в ТВЧ:

- 1 – станина установки; 2 – опоры; 3 – перемещающее устройство;
- 4 – подшипниковый узел; 5 – винт; 6 – стол; 7 – БРС; 8 – откидное устройство;
- 9 – шнек; 10 – преобразователь частоты; 11- индукционный нагреватель;
- 12 – трубопроводы; 13 – охлаждающая жидкость; 14 – насос; 15 – резервуар с маслом; 16 – шаговый электродвигатель; 17 – муфта; 18 – подрамник;
- 19 – панель управления

Основной технической задачей является копирование формы шнека при ТВЧ-нагреве, для этого разрабатывается специальный индуктор.

Выводы. Разработана установка для упрочнения шнеков экструдеров диффузионным борированием в обмазках нагревом в ТВЧ. В настоящее время производится монтаж данной установки. Необходимо определить факторы, влияющие на работу установки и провести серию экспериментов.

Библиографический список

1. Мартынова, Д.В. Повышение эффективности процесса производства экструдированных кормовых продуктов за счет изменения конструктивных параметров шнека пресс-экструдера: монография / Д.В. Мартынова, В.П. Попов., В.П. Ханин, Г.Б. Зинюхин, С.В. Антимонов, Г.А. Сидоренко – Оренбург: ИПК Университет, 2018. – 208 с. ISBN 978-5-4417-0738-1.

2. Басов, С.С. Анализ видов износа и методов упрочнения шнеков кормовых экструдеров / С.С. Басов // Современные проблемы и направления развития металловедения и термической обработки металлов и сплавов : сборник научных статей 4-й Международной научно-практической конференции, посвященной памяти академика А.А. Байкова, Курск, 15 сентября 2023 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2023. – С. 42-46.

3. Патент на полезную модель № 163511 U1 Российская Федерация, МПК G01B 11/02. Автоматизированное измерительное устройство : № 2015154489/28: заявл. 18.12.2015: опубл. 20.07.2016 / А.С. Дорохов, К.А. Краснящих, Ю.В. Катаев, Д.М. Скороходов; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева» (ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева).

4. Скороходов, Д.М. Влияние факторов на точность контроля качества запасных частей сельскохозяйственной техники автоматизированным измерительным устройством / Д.М. Скороходов // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2018. – № 2(84). – С. 44-49. – DOI 10.26897/1728-7936-2018-2-44-49.

5. Дорохов А.С., Контроль качества запасных частей сельскохозяйственной техники автоматизированным измерительным устройством / А.С. Дорохов, Ю.В. Катаев, К.А. Краснящих, Д.М. Скороходов // Наука без границ. – 2018. – № 2(19). – С. 44-50.

6. Казанцев, С.П. Восстановление плунжерных пар топливных насосовраспределительного типа диффузионным хромонитридными покрытиями: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / С.П. Казанцев // Российский государственный аграрный университет -

Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева. Москва. – 1988. – 142 с.

7. Ерохин, М.Н. Детали машин: учебное пособие / М.Н. Ерохин, С.П. Казанцев // ТРАНСЛОГ. – Москва. – 2018. – 410 с.

8. Казанцев, С.П. Разработка комбинированной технологии получения железоборидных покрытий при восстановлении и упрочнении деталей сельскохозяйственной техники: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Казанцев С.П. // Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. Москва. – 2006. – 32 с.

9. Казанцев, С.П. Новая технология получения комбинированных диффузионных покрытий / С.П. Казанцев // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2003. – № 7. – С. 30-32.

УДК 631.3

ПРЕСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ ШНЕКОВ КОРМОВЫХ ЭКСТРУДЕРОВ

Белоусов Д. В., магистр

Эртек М. А., магистр

*Научный руководитель: Казанцев С. П., д.т.н., профессор, зав. кафедрой,
Российский государственный аграрный университет – МСХА имени
К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ*

Аннотация. Проведён поиск и анализ существующих современных методов упрочнения поверхностей деталей, которые можно применить в процессе упрочнения винтовой кромки шнека кормового экструдера. На основе найденных данных были выбраны наиболее подходящие методы упрочнения.

Ключевые слова: упрочнение шнека, экструдер, наплавка, закалка, химико-термическая обработка, электроискровое упрочнение.

Введение. В настоящее время в сельском хозяйстве кормовые экструдеры являются главным устройством по получению комбикормов. Рабочим органом экструдера является шнек, и в процессе работы, износ данной детали сказывается на качестве получаемой продукции и на производительности. Исходя из этого, упрочнение шнека позволяет достигнуть высокой эффективности и безотказности экструдера в процессе производства комбикормов.

Шнеки в процессе эксплуатации теряют свой ресурс на 3-4%, уменьшение диаметра шнека приводит к увеличению зазора между шнеком и цилиндром, что сказывается на уменьшении количества производимой продукции и увеличение прилагаемых усилий для работы, увеличение температуры работы с 220°C до 240-250°C, а также получаемая продукция может получаться с дефектом.

Упрочнение и восстановление уже имеющегося шнека более экономически целесообразно чем покупка нового, поэтому важно найти эффективный метод упрочнения шнека.

Цель исследования: проанализировать существующие методы упрочнения шнека для нахождения наиболее эффективного способа упрочнения поверхности детали. Необходимо сравнить методы упрочнения, их экономическую стоимость и получаемую эффективность упрочнения.

Материал и методы.

Рассмотрим 4 основных и перспективных метода упрочнения винтовой кромки шнека.

Первым из рассматриваемых методов упрочнения шнека является наплавка карбидосодержащих наплавочных материалов. Данный метод очень простой, и из-за своей простоты является самым экономичным среди всех методов, но у данного метода есть свои недостатки. Главным недостатком является низкое увеличение продолжительности срока службы детали. Этот способ может продлить срок службы шнека всего от 6 до 12 месяцев, и в дальнейшем будет необходимо будет восстановление шнека и повторная наплавка. В этапы упрочнения шнека входит моечная операция, следом идёт анализ шнека на наличие повреждений, после чего происходит механическая обработка под ремонтный размер. Далее наплавляют подслоя и проводят промежуточную шлифовку подслоя, затем идёт наплавка карбидосодержащего материала и чистовая (финишная) шлифовка.

Вторым из рассматриваемых методов упрочнения является термическая закалка. Температурное воздействие на различные материалы с целью изменения их структуры и свойств является самым распространенным способом упрочнения. При поверхностной закалке закаливается только верхний слой, примерно на 1-2 мм, что положительно сказывается на процесс упрочнения, так как наибольшему износу в процессе экструдирования подвергается винтовая кромка, а не весь шнек целиком. Данный способ не несёт увеличение параметра износостойкости, что негативно сказывается на сроке службы детали.

Третьим методом является электроискровое упрочнение металлических поверхностей и относится к методу нанесения износостойких покрытий. Метод электроискрового упрочнения позволяет увеличить износостойкость в 2-4 раза при нанесении слоя 4-10 мкм с микротвёрдостью 700-1200 МПа, и с

шероховатостью Ra 1,25. Нанесение износостойких покрытий методом КИБ основывается на электродуговом распылении материала с последующей концентрацией продуктов плазменной реакции на рабочей поверхности. К недостаткам метода электроискрового упрочнения относят локальность применения, малую производительность процесса, относительную строгость в подборе режимов обработки, в связи с чем возникает необходимость привлечения высококвалифицированных операторов.

Четвёртым методом является химико-термическая обработка (ХТО). Данная технология упрочнения позволяет поучать диффузионный слой на поверхности детали на глубину до 700 мкм. Преимуществом данного способа является увеличение абразивной износостойкости, а также значительное повышение твёрдости в 2 – 4 раза. Однако имеется и отрицательная черта данного способа – низкая производительность. Для решения проблемы с низкой производительностью химико-термической обработки, была разработана технология скоростного диффузионного борирования с применением установки ТВЧ (токов высокой частоты). В качестве материала используемого для упрочнения с помощью ХТО является специальная паста, в которой содержатся следующие вещества: (фтористый алюминий 1,5%; техническая бура 1...2%; карбид бора - 93-98%). Данную смесь наносят на поверхность детали, на которой необходим слой диффузионного покрытия, после нанесения необходимо подождать 20 – 40 минут до полного высыхания пасты, после чего её помещают в ТВЧ печь и за счёт настройки контура и геометрия индуктора обеспечивают нагрев до температуры 1250...1300°С в течение 60 - 120 с, с последующей стабилизацией. После выдержки шнек вынимают из индуктора и подвергают объемной закалке в масле. В результате износостойкость винтовой поверхности шнека возрастает в 2 – 4 раза. Так же получаем поверхность детали с микротвёрдостью 18000 МПа.



Рис. 1 – Поверхность шнека подвергающаяся диффузионному борированию

Результаты исследований.

Проанализировав данные методы, можно сделать вывод, что использование диффузионного борирования при помощи химико-термической обработки для упрочнения винтовой кромки шнека кормового экструдера

является наиболее эффективным по сравнению с другими предложенными методами, за счёт своей скорости, а также из-за высокого увеличения износостойкости поверхности, а также повышение микротвёрдости упрочняемого слоя. Также данный метод не несёт негативного последствия в виде токсичности в процессе производства комбикормов. Для упрочнения шнека путём диффузионного борирования необходимы затраты от 5000 до 10000 рублей, в зависимости от размеров и сложности геометрии шнека, когда как покупка нового шнека может достигать от 50000 до 150000 рублей.

Выводы.

Среди предложенных методов упрочнения, наиболее эффективным и экономически целесообразным является химико-термическая обработка. В настоящее время необходимы дальнейшие исследования для определения наилучшего состава пасты для борирования, а также времени выдержки в ТВЧ печи.

Библиографический список

1. Казанцев, С.П. Разработка комбинированной технологии получения железоборидных покрытий при восстановлении и упрочнении деталей сельскохозяйственной техники: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Казанцев С.П. // Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. Москва. – 2006. – 32 с.

2. Казанцев, С.П. Применение карбонильного хрома для получения упрочняющих покрытий на деталях сельскохозяйственной техники / Ерохин М.Н., Чупятов Н.Н., Казанцев С.П. /В сборнике: Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК. материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию Белорусского государственного аграрного технического университета и памяти первого ректора БИМСХ (БГАТУ) д-ра техн. наук, проф. В. П. Сулова. Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Учреждение образования "Белорусский государственный аграрный технический университет", Республиканское объединение "Белагросервис"; под общей редакцией И. Н. Шило, Н. А. Лабушева. - 2014. - С. 275-273.

3. Казанцев, С.П. Восстановление плунжерных пар топливных насосовраспределительного типа диффузионным хромонитридными покрытиями: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / С.П. Казанцев // Российский государственный аграрный университет - Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева. Москва. – 1988. – 142 с.

4. Ерохин, М.Н. Детали машин: учебник / М.Н. Ерохин, С.П. Казанцев - М.: ТРАНСЛОГ, 2018. - 410 с.

5. Дворецкий А.С. Экструдеры для производства комбикормов. Москва: КолосС, 2011. – 176 с.

6. Круглов В.А. Методы восстановления деталей машин и оборудования. Москва: Машиностроение, 2012. – 143 с.

7. Лялякин В.П. Восстановление деталей машин и механизмов // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2012, №5. – 10с.

8. Пахомов В.И. и др. Технологии и оборудование для экструдирования растительного сырья.: ДГТУ, 2018. – 109 с.

УДК 631.171

РАЗРАБОТКА ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА СИСТЕМЫ ИЗМЕНЕНИЯ ВЕКТОРА ПОТОКА СТРУИ ПРИТОЧНОГО ВОЗДУХА

Бобров М. Н., магистрант,

Научный руководитель: Игнаткин И. Ю., д.т.н., профессор кафедры сопротивления материалов и деталей машин, доцент,

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ

Аннотация: в данной статье представлен процесс изготовления полноразмерного образца системы изменения вектора потока струи приточного воздуха. Описаны основные материалы и комплектующие. Проведены опытные исследования, доказывающие работоспособность системы.

Ключевые слова: вентиляция, вектор потока струи, микроклимат

Введение

Микроклимат – один из основных факторов, обеспечивающих рентабельность в животноводстве. Изменение параметров микроклимата в ту или иную сторону от рекомендуемых значений снижает продуктивность животных, продолжительность периода жизни, приводит к падежу молодняка и взрослых животных. [1-4]

В животноводческих комплексах обеспечивается высокая плотность содержания животных. И поддержание необходимого микроклимата требует значительного воздухообмена. [5, 6]

Основной системой вентиляции в животноводческих комплексах является система струйной вентиляции. Такая распространенность обеспечивается конструктивной конструкцией и неприхотливостью в обслуживании.

Однако применение струйной вентиляции накладывает свои обязательства. В зависимости от температуры поступающего в помещение воздуха, поток (струя) может либо подниматься (подогретая струя), либо опускаться (охлажденная струя). В зимний и переходной периоды температура приточного воздуха будет всегда ниже температуры помещения, в результате этого на практике охлажденная приточная струя за счет своей большей плотности всегда будет стремиться вниз, иными словами «тонуть». Такое явление приводит к неравномерному воздухообмену в обслуживаемом помещении, происходит образование застойных областей и зон гипервентиляции. [6-8]

Цель и задачи исследования

Целью данного исследования, является разработка и проведение экспериментов работы опытного образца системы изменения вектора потока струи приточного воздуха, построенного на промышленной элементной базе.

Задачи:

- спроектировать и изготовить опытный образец системы изменения вектора потока струи приточного воздуха;
- проведение экспериментальных исследований работы системы изменения вектора потока струи приточного воздуха.

Условия, материалы и методы

Для работы системы в автоматическом режиме необходимо получить зависимость угла наклона жалюзийной пластины от температуры приточного воздуха. Для этого нами была получена математическая модель, в последствии, которую мы использовали для получения таблицы зависимости угла отклонения жалюзи от температуры (Таблица 1). Эта таблица легла в основу программного кода для управления сервоприводом по показаниям датчика температуры.

Таблица 1 – Сформированная таблица, на основе математической модели

t, °C	-5	-2	1	4	7	10	13	16	19	22
φ, °	45	40	35	30	25	20	15	10	5	0

Проектирование 3D-модели опытного образца осуществлялось в программе SolidWorks. На рисунке 1 представлена 3D модель системы изменения вектора потока струи приточного воздуха и выравнивающий аппарат, чья эффективность была доказана при проведении испытаний уменьшенного

лабораторного образца, в рамках первого этапа программы «Студенческий старт».

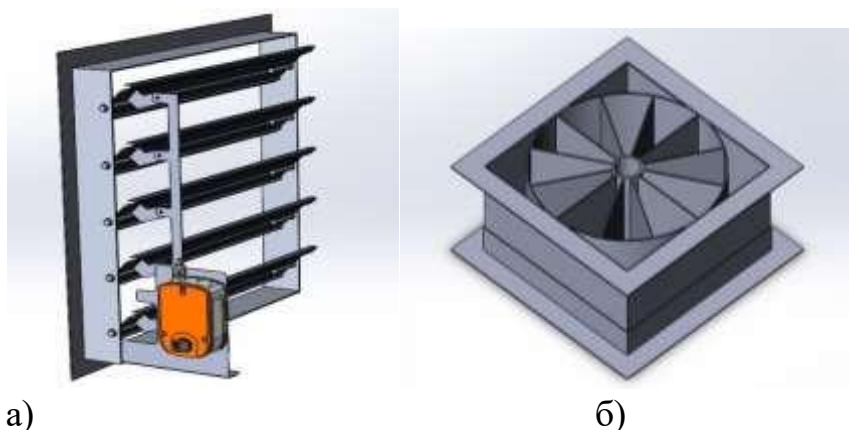


Рис. 1 – а) – 3D модель системы изменения вектора потока струи приточного воздуха; б) – выравнивающий аппарат

Изготовление системы осуществлялось из следующей комплектующих и материалов:

1. Блок питания Ecola LED Strip Power Supplu, 60 Вт, 220/24 В, IP 20
2. Регулируемый понижающий модуль DC-DC LM2596S
3. Водонепроницаемый датчик температуры DS18D20 (-55...+125°C)
4. Привод Dastech DA-08N24-SR без пружинного возврата

На предприятии по предоставленным чертежам были изготовлены:

1. Вентиляционная решетка РП1 (система жалюзи) под привод с козырьком 617x150 мм. Размеры Решетки 617x617 мм.
2. Короб вентиляционный стальной со стальными пластинами (выравнивающий аппарат) 617x617x200 мм.

На базе кафедры «Сопротивление материалов и детали машин» собран, запрограммирован и испытан полноразмерный опытный образец системы изменения вектора потока, изготовленный на промышленных элементах (рисунок 2).



Рис. 2 – Собраный полноразмерный образец

Для определения работоспособности данного образца и корректности управляющего кода необходимо провести экспериментальные исследования.

Результаты экспериментов представлены на Рисунке 3 и в Таблице 2.



Рис. 3 – Результаты экспериментов

Таблица 2 – Результаты экспериментов. Основные показатели работы системы жалюзи в разных условиях

Температура окружающей среды 17°		Температура окружающей среды 6°	
управляющее напряжение, В	1,08	управляющее напряжение, В	2,84
угол отклонения от горизонтали, °	10	угол отклонения от горизонтали, °	26

Выводы

В результате выполненной работы все поставленные задачи были выполнены. Спроектирован и изготовлен из промышленных элементов полноразмерный опытный образец системы изменения вектора потока приточного воздуха. Направляющие жалюзи приводятся в действие сервоприводом по сигналу от датчика температуры. Система регулирования положения жалюзи адекватно реагирует на изменение температуры во всем диапазоне регулирования от -5 до 22 °С.

Библиографический список

1. Ильин, И. В. Влияние параметров микроклимата на продуктивность свиней / И. В. Ильин, И. Ю. Игнаткин, М. Г. Курячий // Эффективное животноводство. – 2011. – № 5(67). – С. 30-31.

2. Самарин, Г.Н. Энергосберегающая технология формирования микроклимата в животноводческих помещениях: дис. ... д-ра техн. наук. Московский гос. агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. Москва, 2009.

3. Игнаткин, И.Ю. Технологические решения, обеспечивающие снижение потерь кормов и повышение сохранности поголовья / И.Ю. Игнаткин, М.Г. Курячий, А.А. Путан, А.М. Бондарев, А.В. Архипцев // Инновации в сельском хозяйстве. – 2014. – № 5(10). – С. 124-128.

4. Ильин, И.В. Научные исследования и разработки в области повышения сохранности животных и снижения потерь кормов / И.В. Ильин, И.Ю. Игнаткин, М.Г. Курячий, А.А. Путан, А.М. Бондарев, А.В. Архипцев // Perfect agriculture. – 2014. – С. 10-12.

5. Игнаткин, И. Ю. Оптимизация эффективности утилизации теплоты воздухо-воздушного рекуператора / И. Ю. Игнаткин // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2018. – № 1(83). – С. 34-39. – DOI 10.26897/1728-7936-2018-1-34-39.

6. Кирсанов, В.В. Струйная модель притока вентиляционного воздуха из теплоутилизационной установки / В.В. Кирсанов, И.Ю. Игнаткин // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионально образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2018. – № 2(84). – С. 34-39.

7. Рекуперация теплоты в свиноводстве / И. В. Ильин, И. Ю. Игнаткин, М. Г. Курячий, А. М. Бондарев // Эффективное животноводство. – 2015. – № 9(118). – С. 40-41.

8. Тихомиров, Д.А., Совершенствование и модернизация систем и средств энергообеспечения сельхозпредприятий - важнейшее направление снижения энергоемкости сельхозпроизводства / Д.А. Тихомиров, А.В. Тихомиров // Вестник ВИЭСХ. – 2018. – № 1 (30). – С. 3-11.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАТИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ СВЕЖЕУЛОЖЕННЫХ СЛОЕВ СТРОИТЕЛЬНЫМИ 3D-ПРИНТЕРАМИ

Васильев Я. В., к.т.н., доцент,

Гусева А. В., аспирант,

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, РФ

Аннотация: Аддитивные технологии возникли больше 20 лет назад и активно развиваются в строительстве зданий и сооружений. В данной статье представлены результаты моделирования процессов осаждения бетонной смеси, укладываемой при помощи строительных 3D-принтеров.

Ключевые слова: аддитивное строительное производство, 3D-печать бетона, численное моделирование, печать на основе экструзии, моделирование процессов, роботизированные бетоноукладочные машины

Введение

В последние два десятилетия активно развивается применение строительной 3D-печати. При возведении зданий с использованием строительных 3D-принтеров важно учитывать все внешние воздействия, которые влияют на устойчивость конструкции, а также на выбранные реологические свойства укладываемого слоя.

Цели и задачи

Во время процесса укладывания бетонной смеси могут возникать дефекты, связанные с несоответствующими реологическими свойствами, которые могут привести к утилизации всего образца. Наиболее частым дефектом при осаждении материала является растекание. Для предотвращения растекания бетонной смеси после процесса осаждения необходимо добиться таких реологических свойств материала, при которых затвердевание будет протекать с достаточной скоростью, чтобы выдержать собственный вес и последующие укладываемые слои не изменяли свою форму.

Условия, материалы и методы исследования

Ранее, в работе [1] были изучены дефекты, вызванные несоответствующими реологическими свойствами бетонной смеси, которые возможно предотвратить путем предварительного конечно-элементного моделирования и отображения динамики развития деформаций укладываемых слоев. Помимо дефектов, связанных с растеканием, также существуют проблемы недостаточной устойчивости из-за смятия осажденных слоев бетонной смеси.

По мере увеличения напряжений при осаждении свежеуложенных слоев, вызванных силой тяжести, слои могут деформироваться. Чтобы ограничить напряжение материала в процессе осаждения, бетонная смесь укладывается тонкими слоями [2,3]. В общем виде, для предотвращения потери устойчивости необходимо вычислить следующие параметры:

Критическая высота $H_{\text{крит}}$, при которой ожидается возникновение потери устойчивости только под действием собственного веса, может быть определена как:

$$H_{\text{крит}} \simeq \left(\frac{2E\delta^2}{3\rho g} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (1)$$

где E – модуль Юнга,

ρ – плотность укладываемого материала, кг/м³;

g – ускорение свободного падения, м/с²

σ – нормальное напряжение в сечении, Н/м².

Соответственно, условием сохранения устойчивости, будет любое значение модуля Юнга ниже критического значения, равного

$$E_c = 3\rho g H^3 / 2\delta^2 \quad (2)$$

Используя соотношение между модулем Юнга E и модулем сдвига G ($E = 2G(1 + \mu)$, где μ - коэффициент Пуассона), вместе с соотношением между пределом текучести и модулем сдвига ($\tau_c = G\gamma_c$, где γ_c - критическая деформацией сдвига в начале течения), требование к модулю упругости, исходящее из критерия разрушения, основанного на прочности, может быть записано в виде:

$$E > \frac{2\rho g H}{\sqrt{3}\gamma_w} (1 + \mu)\tau_c \quad (3)$$

Таким образом, согласно (1) и (3), можно определить критическую высоту перехода H_T , при которой режим разрушения переходит от прочностного разрушения, к разрушению при смятии:

$$H_T = 2\delta \sqrt{\frac{1+\nu}{3\sqrt{3}\gamma_w}} \quad (4)$$

Следовательно, в рамках данного определения условий разрушения, следует отметить, что упругость и скорость ее изменения являются главными реологическими требованиями к оценке процесса осаждения свежеуложенных слоев [4].

В качестве методики численного моделирования статического осаждения свежеуложенных слоев строительными 3D-принтерами был использован методический аппарат изложенный авторами в [5].

Исследования отказов, связанных с процессами смешивания, подачи и укладки, а также других технологических проблем в процессе применения

строительных 3D-принтеров, проводилось на экспериментальной установке портального типа, созданной на базе МИП «СПбГАСУ-Дорсервис», смонтированной в Ломоносовском регионе Ленинградской области на участках коттеджного строительства. В экспериментах на осаждение использовался бетонный композит, состоящий из портландцемента ЦЕМ II с минеральными добавками [6], мелкого мытого песка, с использованием пластифицирующей добавки Axton [7]. Укладывались линейные участки соплом прямоугольного сечения шириной 40 мм, высотой 12 мм.

Результаты исследования

После укладки производилось поперечное распиливание образцов с измерением контура и формы слоя после отвердевания. Сравнение результатов применения численной модели, включающей учет $N_{крит}$ и N_T с экспериментальными проходами на укладку слоев (от одного до шести) показано на рисунке 1. Следует отметить наблюдаемую сходимость модели с результатами экспериментальных проходов по укладке.

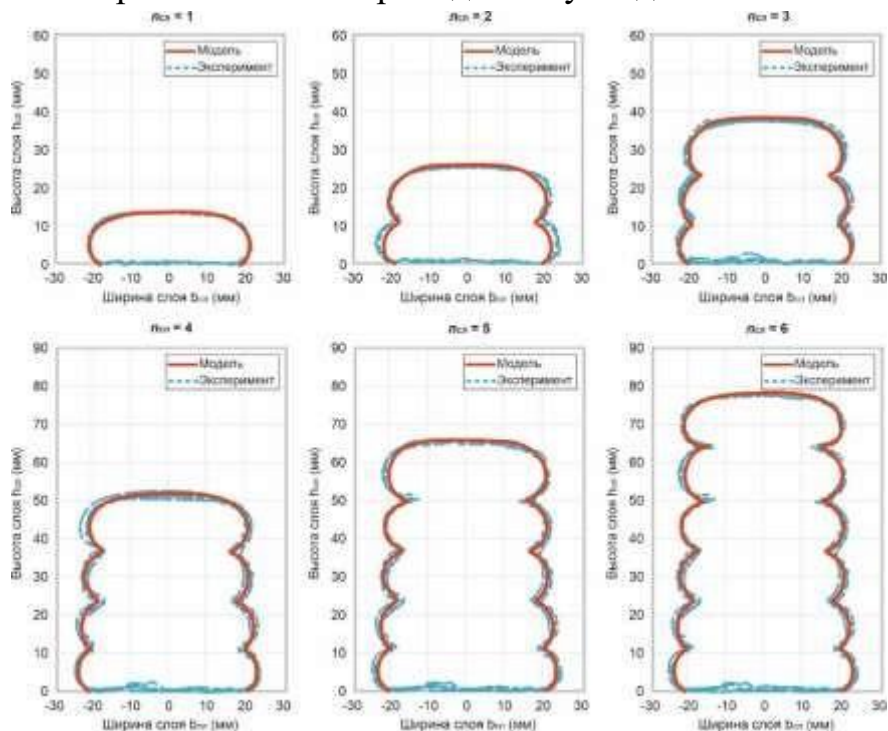


Рис. 1 – Сравнение результатов моделирования осаждения свежеложенных слоев с экспериментальными образцами ($n_{сл}$ – количество слоев)

Выводы

Показные результаты доказывают применимость аппарата моделирования процессов смешивания, подачи и укладки смесей как в ракурсе на обеспечение эффективности аддитивного строительства в целом, так и в ракурсе на обеспечение надежности и безопасности строительными 3D-принтерами при выборе рациональных технических, производственных и экономических

критериев их эффективного применения. При этом существенную роль в формировании моделей эксплуатации строительных 3D-принтеров учитывая полученные результаты займет прогнозирование поведения конструкций, с учетом продолжения накопления данных по их эксплуатации [8].

Следует обратить внимание, что описанный подход к вычислению $N_{\text{крит}}$ и N_T применим только к прямоугольным простым сечениям, а для сложных форм укладки некоторые структурные и морфологические эффекты от возникновения дополнительных контактных зон могут усилить печатный объект против смятия.

Библиографический список

1. Вольфс Р.Ж.М, Бос Ф.П. Салет Т.А.М. Механическое поведение 3D-печатного бетона в раннем возрасте: численное моделирование и экспериментальные испытания // Исследования цемента и бетона. - 2018. - №106. - С. 103-116.
2. Басвелл, Р., Леаль Да Сильва, В., Джонс, С., Дирренбергер, Дж, 3D-печать с помощью экструзии бетона: Схема исследований // Исследования цемента и бетона. - 2018. - №112. - С. 37-49.
3. Руссель Н., Оварлез Г., Гарро С., Брумо К. Истоки тиксотропности свежих цементных паст // Исследования цемента и бетона. - 2012. - №42. - С. 148-157.
4. Руссель Н. Реологические требования к печатаемым бетонам // Исследования цемента и бетона. - 2018. - №112. - С. 76-85.
5. Васильев Я.В., Гусева А.В., Воронцов И.И., Репин С.В. Методика численного моделирования процессов смешивания, подачи и укладки бетона роботизированными бетоноукладочными машинами // Грузовик. - 2023. - №12. - С. 30-33.
6. Иноземцев А., Дуонг Т. К. Техничко-экономическая эффективность материалов с использованием 3D-печати в строительстве на примере высокопрочного легкого фиброармированного бетона // Веб конференция E3S, 97, 02010. – 2019
7. ГОСТ 24211-2008. Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия: утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 апреля 2010 г. № 70-ст: дата введения 2011-01-01.
8. Kapyrin, P. D. Pentasphere predictive analytics for urban environment arrangement and management / P. D. Kapyrin, N. S. Sevryugina // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Chelyabinsk, 26–28 сентября 2018 года. Vol. 451. – Chelyabinsk: Institute of Physics Publishing, 2018. – P. 012192. – DOI 10.1088/1757-899X/451/1/012192.

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ РЫНКА ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Казанцев С. П. – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Сопротивление материалов и детали машин»,

Пляка В. И. – к.т.н., доцент кафедры «Сельскохозяйственные машины»,

Логачёв К. М. – к.т.н., ассистент кафедры «Сопротивление материалов и детали машин»,

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ

Аннотация. Исследован мировой объём рынка износостойких покрытий. Установлены основные сегменты машиностроительной отрасли в РФ, использующие упрочняющие покрытия. Предложен прогноз отечественного рынка износостойких покрытий до 2035 года.

Ключевые слова: CVD-способ, износостойкие покрытия, маркетинговые исследования, объём рынка, сегменты промышленности, машиностроение, стратегия развития

Введение. В настоящее время в АПК России особенно актуальны задачи усиления продовольственной безопасности, повышения конкурентоспособности отечественной продукции и ускоренного социально-экономического развития страны. В связи с уходом зарубежных изготовителей назрела острая необходимость в развитии импортозамещающих технологий, направленных на повышение надёжности сельскохозяйственной техники и оборудования.

К сельскохозяйственным машинам, работающим в тяжёлых условиях, предъявляются высокие требования по надёжности. По данным Росстат, согласно статистики отказов сельскохозяйственных агрегатов, слабыми и менее надёжными узлами являются двигатель 33,5%, гидросистема 17,6% и трансмиссия 16,3% [1]. Основными причинами износа этих узлов является недостаточная поверхностная твёрдость деталей и загрязнённость технических жидкостей [2].

В ряде случаев при ремонте неисправной техники многие детали и узлы заменяются на новые несмотря на то, что потеря массы изношенных деталей составляет не более 2%. К таким деталям относятся прецизионные пары как распылители форсунок, плунжеры и втулки в топливной системе, золотники, распределители и клапаны в гидравлической системе, а также валы в зонах посадки подшипников и трения об уплотнительные манжеты в трансмиссии [3].

Повысить ресурс представленных узлов и агрегатов возможно путём формирования на рабочих поверхностях их деталей износостойких покрытий. Однако, существующие методы восстановления и упрочнения сопровождаются рядом недостатков, как малая толщина покрытия, высокотемпературный нагрев деталей, приводящий к изменению структуры сталей и короблению деталей из-за релаксации внутренних напряжений, низкая технологичность и другие. Авторами работы [4], доказана возможность низкотемпературного осаждения карбидохромового покрытия до 200°С CVD-способом, установлены режимы получения карбида хрома с возможной микротвёрдостью до 19,5 ГПа [2].

Существующие CVD-установки не позволяют в полной мере производить формирование износостойких покрытий на разнотипных стальных деталях машин и требуют модернизации конструкции самого оборудования, что удорожает технологию путём снижения номенклатуры, пригодных к упрочнению деталей [5].

В целях определения актуальности разработки оптимальной CVD-установки для упрочнения деталей с последующей её реализацией предприятиям машиностроительной отрасли, сервисным компаниям и физлицам требуется установить перспективы развития рынка износостойких покрытий.

Цель и задачи исследования. Цель исследования – определить тенденции развития рынка износостойких покрытий в РФ до 2035 года. Для достижения цели решить задачи: определить объём рынка износостойких покрытий в РФ; выявить потенциальные сегменты промышленности, использующие износостойкие покрытия; установить перспективы развития машиностроения.

Условия, материалы и методы исследования. Открытые базы данных и статистические отчёты; исследования рынка, проводимые рыночными агентствами; финансовые отчеты и документация компаний; распоряжения Правительства РФ и стратегии развития промышленности.



Рис. 3 - Сегменты машиностроительной отрасли и их доля в объёме ВВП РФ на 2022 г.

Результаты исследования. Объём мирового рынка износостойких покрытий в 2022 году превысил 14,9 млрд. долларов, а среднегодовой темп роста составил 6,5%. Лидерство рынка приходится на Северную Америку, доля которой в мировом объёме составляет 42%, далее Европа 25% и Азиатско-Тихоокеанский регион 20%. Ожидается самый большой среднегодовой темп роста на Азиатско-Тихоокеанский регион. Мировой объём рынка износостойких покрытий на РФ приходится до 2% или 30 млрд. рублей, а сам сегмент полностью импортозависим [6].

Основной потребитель упрочняющих покрытий в РФ по данным за 2022 год – это машиностроительная отрасль, которая составляет 32,5% от объёма ВВП (рис.1). Лидерами отрасли является авиационная промышленность и транспортное машиностроение, объём ВВП которых составил 45 трлн. рублей.

Согласно стратегиям развития отечественной промышленности, отражённых в распоряжениях Правительства Российской Федерации, к 2035 ожидается её рост в среднем на 5% по году.

Распоряжение Правительства РФ от 7 июля 2017 года № 1455-р «Стратегия развития сельскохозяйственного машиностроения России на период до 2030 года» прогнозирует рост объёма рынка отечественной сельскохозяйственной техники до 280 млрд. рублей. В 2016 году объём рынка составил 113 млрд. рублей, в 2022 – 250,6 млрд. рублей, а в 1-ом полугодии 2023 года – 145,9 млрд. рублей. Кроме этого, приоритетной задачей к 2035 году является увеличение производства зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов, тракторов, навесной и прицепной техники [7]. Таким образом, сельскохозяйственное машиностроение активно развивается, а, следовательно, применение износостойких покрытий увеличит наработку выпускаемой техники на отказ.

Одной из основных целей развития автомобильной промышленности – это обеспечение конкурентоспособности на мировом рынке, что требует детальной разработки и проектирования узлов и агрегатов машин. Для достижения результата на развитие данного сегмента будут выделяться субсидии и привлекаться инвестиции. Кроме этого, ожидается рост объёма ВВП в автомобильной промышленности на 4% в год – до 1,1 трлн. рублей к 2035 году [8]. Упрочнение деталей машин с помощью износостойких покрытий позволит увеличить ресурс узлов и агрегатов, составляющих частей машин, а также снизить себестоимость на их производство и эксплуатацию автомобильного транспорта.

Целями распоряжения Правительства РФ от 5 ноября 2020 года № 2869-р «Стратегия развития станкоинструментальной промышленности на период до 2035 года» является обеспечение долгосрочного роста производства станкоинструментальной продукции со средним темпом 5,7% в год с 2020 по

2035 годы до уровня 79,5 млрд. рублей; увеличение уровня локализации отрасли до 70% за счёт развития отечественного производства ключевых высокотехнологичных комплектующих; обеспечение роста экспорта станкоинструментальной продукции до уровня 16,5 млрд. рублей к 2035 году в результате роста технологической и экономической конкурентоспособности российской продукции станкостроения. Основным видением стратегии является развитие внутреннего потребления продукции станкоинструментальной отрасли до уровня не менее 172 млрд. рублей в год. Предлагаемая CVD-установка является неотъемлемой частью станкоинструментальной промышленности, а, следовательно, её разработка актуальна.

Таким образом, внедрение организационных, продуктовых и технологических инноваций, к которым относится и разрабатываемая CVD-установка, является главным условием обеспечения конкурентоспособности используемых средств производства, что определяет уровень развития отрасли машиностроения в Российской Федерации и её конкурентоспособность на мировой арене.

Выводы

1. Разработка инновационной CVD-установки для нанесения износостойких покрытий на стальные детали машин актуальна.

2. Рынок износостойких покрытий в РФ на период до 2035 года будет развиваться параллельно машиностроительной промышленности в среднем на 5% в год и вырастет в 1,9 раза.

Статья подготовлена при поддержке Фонда содействия инновациям ООО «ВЕК–21» МОСКОВСКИЙ МОЛОДЕЖНЫЙ СТАРТ – 2022 «Умник» и акселерационной программы «ПромТех2.3» Менделеев_старт.

Библиографический список

1. Королёв А.Е., Распределение отказов двигателей. Журнал: NovaUm №10, 30.11.2017., <http://novaum.ru/public/p412>

2. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – Москва : ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с. – ISBN 978-5-6049928-2-1. – EDN RSFSFK.

3. Мельников О.М., Совершенствование уплотнительных устройств подшипниковых узлов сельскохозяйственной техники / О. М. Мельников, С. П. Казанцев, И. Ю. Игнаткин [и др.] // Агроинженерия. – 2022. – Т. 24, № 3. – С. 68-72. – DOI 10.26897/2687-1149-2022-3-68-72. – EDN НКУУНН.

4. Ерохин М. Н., Деформация прецизионных деталей топливной аппаратуры дизелей при восстановлении методом диффузионной металлизации / М. Н. Ерохин, С. П. Казанцев, А. Г. Пастухов [и др.] // Сельскохозяйственные

машины и технологии. – 2022. – Т. 16, № 3. – С. 4-11. – DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-3-4-11. – EDN LUIYIQ.

5. Логачев, К. М. Модернизация CVD-установки для осаждения карбида хрома на внутренних поверхностях корпуса распылителя форсунки дизельных двигателей / К. М. Логачев // *Агроинженерия*. – 2023. – Т. 25, № 3. – С. 84-90. – DOI 10.26897/2687-1149-2023-3-84-90. – EDN VDBJQA.

6. Обзор рынка износостойких покрытий/ Exactitude Consultancy/ Великобритания. <https://exactitudeconsultancy.com/ru/отчеты/12227/рынок-износостойких-покрытий/>

7. Анализ рынка сельхозтехники в России. – Москва : ДЕЛОВОЙ ПРОФИЛЬ, 2023. 5 с. <https://delprof.ru/press-center/company-news/analiz-rynka-selkhoztekhniki-v-rossii-ot-ekspertov-gruppy-delovoy-profil/>

8. Анализ ключевых трендов и перспектив развития отраслей российской промышленности в условиях геополитической турбулентности. – Москва : АО «КЭПТ», 2023. – 64 с. <https://assets.kept.ru/upload/pdf/2023/01/ru-trendi-perspektivi-razvitiya-otraslej-promyshlennosti-rossii-analiz-kept.pdf>

УДК 58.072

УСТРОЙСТВО ДЛЯ СБОРА КОРНЕВЫХ ВЫДЕЛЕНИЙ АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ РАСТЕНИЙ

Махинова Е. Ю., магистрантка

Научные руководители:

Анисимов А. А., к.б.н., старший преподаватель

Скороходова А. Н., к.б.н., старший преподаватель

*Российский государственный аграрный университет – МСХА имени
К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ*

Аннотация. Корневые экссудаты растений обладают биологической активностью, поэтому их можно рассматривать в качестве потенциальных регуляторов роста и биологических гербицидов. В статье описаны особенности конструкции, параметры функционирования и принцип работы прибора.

Ключевые слова: аллелопатия, корневые выделения, экссудаты, биогербициды, экологизация

Аллелопатия – это способ взаимодействия между высшими растениями путём выделения в окружающую среду различных химических соединений – газообразных и жидких. Газообразные выделения растений носят название

фитонцидов, жидкие – экссудатов [1]. Для большинства растений выделение в окружающую среду различных химических веществ является методом конкурентной борьбы [2]. Однако в редких случаях аллелопатическое взаимодействие может выражаться и в стимулирующем действии выделений одного растения на рост и развитие другого растения [3].

Сельское хозяйство в современном мире подвергается существенным изменениям с точки зрения организации производства [4]. С каждым годом растёт запрос производителей на снижение доли искусственных химических препаратов в системе защиты растений [5]. Особое внимание при этом уделяется поиску биогербицидов – веществ естественного происхождения, которые могли бы быть использованы для подавления сорного компонента в агроценозе [6]. Корневые экссудаты многих растений способны подавлять рост сорняков – конкурентов в агроценозе, в связи с чем их можно рассматривать в качестве потенциальных биогербицидов [7]. Для того, чтобы иметь возможность собирать и изучать корневые выделения растений, необходим специализированный прибор.

Целью исследования являлась разработка прибора для сбора и концентрирования корневых выделений аллелопатически активных растений. В задачи исследования входило разработка схемы прибора, создание рабочей модели, апробация прибора в работе и получение патента на изобретение.

На первом этапе была разработана принципиальная схема функционирования прибора (рис. 1).

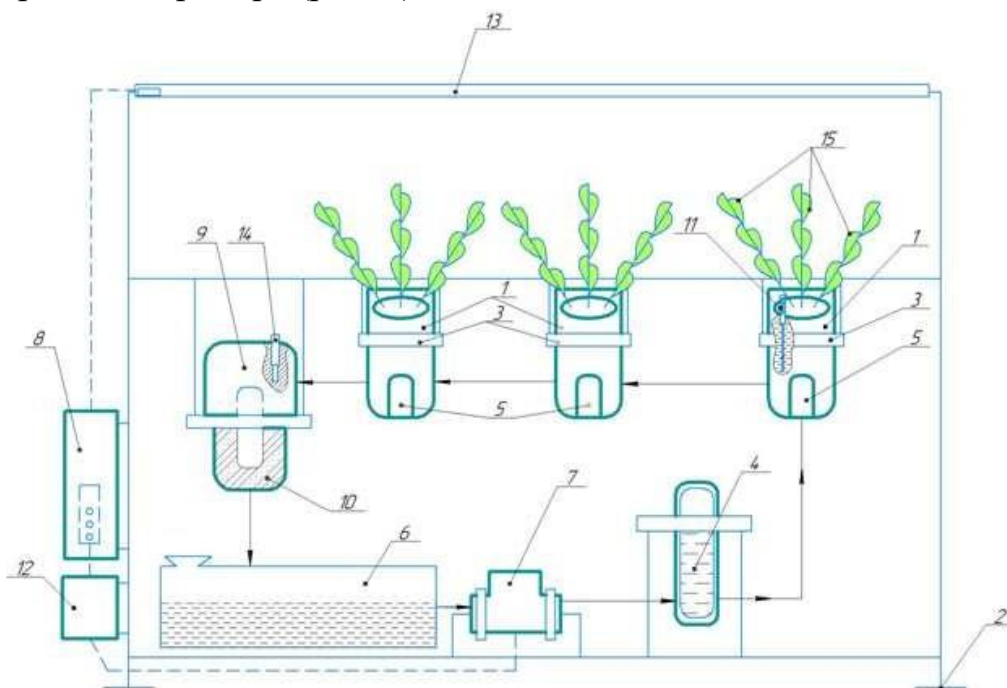


Рис. 1 – Схема устройства и функционирования прибора для сбора корневых выделений растений

Конструкция устройства включает в себя ёмкость для растений (1), которая крепится на стационарной опоре (2). Для того, чтобы иметь возможность настраивать конфигурацию работы прибора в его конструкции предусмотрено регулируемое крепёжное приспособление (3). Для того, чтобы исключить попадание в раствор корневых выделений растений посторонних частиц в конструкции прибора предусмотрены фильтры для крупных (4) и мелких частиц (5). Кроме того, конструкция прибора включает в себя бак для воды (6), которая циркулирует по замкнутому циклу и обеспечивает вымывание корневых экссудатов из растений. Постоянство внутреннего водного тока в приборе обеспечивается благодаря перистальтическому насосу (7). Равномерный ток воды внутри прибора очень важен с точки зрения качественного сбора корневых выделений с поверхности корневой системы. Блок управления (8) позволяет контролировать скорость водного тока, а также параметры искусственного освещения. Для создания оптимальных световых условий для растений в приборе предусмотрена светодиодная лампа (13).

Корневые выделения концентрируются в фильтре (9), внутри которого расположен отсек с адсорбентом (10). Параметры раствора, циркулирующего внутри прибора, контролируются при помощи стационарного рН-метра (11) и кондуктометра (14). Питание прибора электрической энергией обеспечивается благодаря блоку питания 12.

На основании представленной схемы был построен работающий прибор (рис.2).



Рис. 2 – Функционирующий прибор для сбора корневых выделений растений

Прибор функционирует по следующему алгоритму. Растения – продуценты корневых экссудатов высаживаются в ёмкости для растений. Данные ёмкости заполняются инертным субстратом (керамзитом, перлитом, вермикулитом), который не взаимодействует с корневыми выделениями растений.

Расположение ёмкостей с растениями по высоте регулируется при помощи крепёжного приспособления. Затем включается перистальтический насос, который заставляет воду циркулировать внутри прибора по замкнутой системе. В воду добавляются необходимые растению для роста и развития макро- и микроэлементы, которые не подвергаются сорбированию.

Вода протекает через отсек с корневой системой растений и омывает её, после чего попадает в фильтры крупных и мелких частиц, которые отфильтровывают частицы субстрата и корней, которые могут оказаться в растворе.

Вода протекает через отсек с корневой системой растений и омывает её, после чего попадает в фильтры крупных и мелких частиц, которые отфильтровывают частицы субстрата и корней, которые могут оказаться в растворе.

Следом вода с растворёнными в ней корневыми выделениями попадает на фильтр корневых выделений, в котором находится адсорбент. Происходит абсорбция выделенных в воду корневых экссудатов, после чего вода возвращается в исходный бак и цикл замыкается. При помощи стационарного рН-метр контролируют реакцию среды в растворе, не допуская её подкисления или подщелачивания. При помощи кондуктометра контролируют концентрацию элементов питания в растворе для их своевременного восполнения.

Для того, чтобы получить корневые выделения, следует снять с прибора отсек с адсорбентом и промыть его растворителем (зависит от типа адсорбента). Тем самым получают раствор корневых выделений растений, которые могут быть использованы для изучения их биогербицидной активности.

Таким образом было создано устройство для сбора корневых выделений растений, которое отличается простотой, надёжностью и низкой стоимостью конструкции. На прибор был получен патент [8].

Библиографический список

1. Ларикова, Ю. С. Аллелопатические механизмы инвазии чужеродных растительных видов / Ю. С. Ларикова, М. Н. Кондратьев // Роль физиологии и биохимии в интродукции и селекции сельскохозяйственных растений : сборник материалов V Международной научно-методологической конференции : в 2 т.,

Москва, 15–19 апреля 2019 года / Российский университет дружбы народов. Том II. – Москва: Российский университет дружбы народов (РУДН), 2019. – С. 49-52.

2. Роль экссудатов семян и корней во взаимодействиях между растениями разных видов в ценозе / М. Н. Кондратьев, Ю. С. Ларикова, О. С. Демина, А. Н. Скороходова // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 2. – С. 40-53. – DOI 10.26897/0021-342X-2020-2-40-53.

3. Особенности аллелопатического взаимодействия редиса с культурными и сорными растениями / А. А. Анисимов, М. С. Медведков, И. З. Шаталов, А. Н. Скороходова // Доклады ТСХА : Сборник статей, Москва, 02–04 декабря 2020 года. Том Выпуск 293, Часть IV. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2021. – С. 31-33.

4. Ерохин, М. Н. Современные принципы проектирования установок для выращивания растений в сити-ферме / М. Н. Ерохин, Д. М. Скороходов // Доклады ТСХА, Москва, 02–04 декабря 2020 года. Том ВЫПУСК 293 Часть III. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2021. – С. 362-365.

5. Особенности взаимодействия растений и фитофагов в агроценозах при изменении климата / Е. И. Кошкин, И. В. Андреева, Г. Г. Гусейнов [и др.] // Агрехимия. – 2021. – № 1. – С. 79-96. – DOI 10.31857/S0002188121010063.

6. Давыдова, А. Н. Аллелопатические свойства некоторых лекарственных растений как потенциальная основа для создания биогербицидов / А. Н. Давыдова, Ю. С. Ларикова, М. Н. Кондратьев // Экспериментальная биология растений: фундаментальные и прикладные аспекты : Научная конференция и школа молодых ученых, Крым, Судак, 18–24 сентября 2017 года / Ответственный редактор В.В. Кузнецов. – Крым, Судак: АНО "Центр содействия научной, образовательной и просветительской деятельности "Соцветие", 2017. – С. 153.

7. Анисимов, А. А. Потенциальная аллелопатическая активность растений мискантуса китайского (*Miscanthus sinensis*) / А. А. Анисимов, М. С. Медведков, А. Н. Скороходова // Доклады ТСХА, Москва, 03–05 декабря 2019 года. Том Выпуск 292, Часть IV. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2020. – С. 112-114.

8. Патент № 2803523 С1 Российская Федерация, МПК А01G 31/02. Система для сбора и концентрирования корневых выделений аллелопатически активных растений : № 2022135455 : заявл. 30.12.2022 : опубл. 14.09.2023 / А. Н. Скороходова, А. А. Анисимов, Ю. С. Ларикова [и др.]

УДК 631.3:62-762

ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ВАЛОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Мельников П. О., студент 2 курса;

Научный руководитель: Мельников О. М., к.т.н., доцент,

*Российский государственный аграрный университет – МСХА имени
К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ*

Аннотация. Тяжелые условия работы сельскохозяйственной техники приводят к недостаточности ресурса соединений «Вал-манжета». Для увеличения ресурса необходим комплексный подход к проектированию, изготовлению, техническому обслуживанию и ремонту с учетом режимов и условий работы узлов.

Ключевые слова: уплотнительные устройства, ресурс, соединение «вал-манжета», износ, дефекты.

Введение. Сельскохозяйственная техника работает в условиях наличия пыли, повышенной влажности и химической агрессивности среды [1]. Условия работы техники способствуют ускоренному износу деталей, поскольку твердость абразива, содержащегося в пыли, выше, чем у стали [2].

Повреждения в узлах показывают, что от надежности уплотнений во многом зависит ресурс машины в целом. Утечки через уплотнения составляют около 30-40% всех отказов. А в подшипниковых узлах до 90% аварийных ситуаций связано с неудовлетворительной работой уплотнений [3]. Уплотнения должны надежно защищать узлы машин от проникновения абразива, влаги и других посторонних веществ.

В настоящее время ресурс соединений «Вал-манжета» в узлах сельскохозяйственной техники остается недостаточным [4] и требуются дальнейшие исследования по его увеличению.

Цель исследования – повышение ресурса уплотнительных устройств валов сельскохозяйственной техники.

Задача исследования – определение направлений увеличения ресурса уплотнительных устройств сельскохозяйственных машин.

Материалы и методы исследования. Рассмотрены условия работы сельскохозяйственной техники. Проведен анализ литературных источников, посвященных проблеме повышения ресурса уплотнительных устройств.

Анализировались соединения «вал-уплотнение» сельскохозяйственной техники. В частности, наиболее распространенные валы из стали 45 и манжеты резиновые армированные (около 80% от всех уплотнений) [4].

Рассмотрены три типа уплотнений подшипниковых узлов: бесконтактные, контактные и комбинированные. Более подробно рассмотрены контактные уплотнения, обеспечивающие герметичность при работе в минеральном масле, воде, дизельном топливе, при избыточном давлении до 0,05 МПа, скорости до 20 м/с и температуре от – 60 до +170°С.

Рассмотрены причины возникновения наиболее часто встречаемых дефектов валов и манжет.

Результаты исследования. Основными дефектами валов в зоне контакта с манжетами являются низкая шероховатость, наволакивание резины, химическая коррозия, износ (рис. 1).

Существенное влияние на работоспособность соединений «Вал-манжета» оказывает сезонность эксплуатации сельскохозяйственной техники. В зимний период, когда техника простаивает, повышается адгезия в соединениях и вероятность химической коррозии. А в рабочий сезон преобладает абразивный или усталостный износ.

При простоях техники повышается адгезия в зоне контакта, что ведет к увеличению силы трения в момент пуска. Вместе с отсутствием смазки это способствует быстрому росту температуры и потере работоспособности соединений, связанному с отрывом и переносом на вал поверхностного слоя резины (т. е. наволакиванию резины на вал). Вследствие коррозии изменяется геометрия поверхности вала, что приводит к нарушению работоспособности соединений. Низкая шероховатость вызывает повышенный износ манжеты.



Рис. 1 – Дефекты валов в зоне контакта с манжетами:

а – наволакивание резины; б – износ вала; в – химическая коррозия

Попадание абразива в зону трения ускоряет износ деталей, а на поверхности вала в месте контакта с рабочей кромкой уплотнения образуется шлифованная абразивом канавка (рис. 1б).

В соединениях «Вал-уплотнение» наиболее дорогостоящим является вал, его стоимость на два порядка превышает стоимость манжеты. При капитальном ремонте техники все манжеты подлежат замене и 70% валов требуют восстановления рабочих поверхностей в зоне контакта с уплотнениями [3]. Основные способы повышения ресурса поверхностей валов:

- наплавка + шлифование (при больших износах);
- поверхностное упрочнение: азотирование, электроконтактная обработка, гальваническая обработка, диффузионное легирование (при небольших износах);
- применение толстостенных втулок (при конструировании соединений или ремонте);
- применение тонкостенных втулок [5].

Менее затратным из перечисленных способов является применение втулок.

При ремонте в некоторых конструкциях нельзя применить втулки. Протачивание вала под устанавливаемую втулку ведет к уменьшению его прочности, при этом диаметры участков вала, через которые будет проходить втулка, не должны превышать ее внутренний размер.

Применение тонкостенных втулок не требует изменения номинального диаметра манжет и вала, позволяет проводить ремонт без демонтажа вала, что сокращает время ремонта. Такие втулки можно изготавливать выдавливанием из тонкого листового проката стали 40 с последующим поверхностным упрочнением Cr(CO)₆. (толщина напыления 10 мкм, твердость поверхности от 80 до 85 HRC (18 000 МПа), шероховатость 12 класс) [2].

Наиболее часто встречаемые дефекты манжет связаны с технологическими нарушениями и условиями эксплуатации (рис. 2).



Рис. 2 – Основные дефекты манжет:

а – повреждение наружной поверхности; б – нарушение геометрических параметров; в – повреждение рабочей кромки

Технологические дефекты устраняются соблюдением требований при изготовлении и сборке, усовершенствованием уплотнительных узлов можно добиться уменьшения влияния эксплуатационных факторов на ресурс.

Увеличение посадочного размера под внешний диаметр манжеты способствует утечкам, проворачиванию и смещению манжет в этом соединении. Уменьшение этого размера приводит к чрезмерным усилиям при запрессовке уплотнений, нарушению целостности наружной поверхности манжет, к деформации или неправильной установке манжеты. Если манжета не встает на свое посадочное место, перекося приводит к утечке смазки и проникновению абразива внутрь узла. Верно рассчитанные посадки позволят увеличить ресурс [6]. Нарушение формы браслетных пружин приводит к неравномерному прижатию и распределению давления в зоне контакта рабочей кромки манжеты с валом, как следствие – разный износ по периметру в зоне трения.

Чаще всего эксплуатационными причинами потери работоспособности манжет является износ поверхности по внутреннему диаметру (87%); растрескивание кромки в результате старения и усталостного микроразрушения (14%); слипание манжеты с валом и последующее ее разрушение (9%) [4].

Улучшение антифрикционных свойств манжет повышением антиизносных свойств материалов в соединении [4], и восстановление герметичности с помощью присадок в масло позволит увеличить ресурс манжет [7].

Для увеличения ресурса уплотнительных устройств необходимо сформировать комплексный подход к проектированию, изготовлению, техническому обслуживанию и ремонту [8] с учетом режимов и условий работы сельскохозяйственных машин.

Повышение ресурса уплотнительных устройств необходимо проводить по нескольким направлениям:

1. Повышение качества изготовления деталей и сборки соединения.
2. Совершенствование конструктивных элементов уплотнительных устройств за счет улучшения качества рабочих поверхностей в зоне контакта; применения антиизносных, антифрикционных покрытий рабочих поверхностей; установки втулок на валы в зоне сопряжений с уплотнением...
3. Разработка присадок в смазки.
4. Разработка новых уплотнительных устройств.
5. Улучшение физико-механических и антифрикционных свойств материалов за счет разработки и применения новых материалов, модифицирования применяемых материалов.

Выводы

1. Безотказность техники способствует уменьшению простоев, увеличению производительности, снижению затрат на эксплуатацию и ремонт и повышению конкурентоспособности отечественной техники
2. Основными причинами низкой надежности уплотнительных узлов являются недостаточная их конструктивная проработка, низкое качество комплектующих, несоблюдение технических требований при сборке и ремонте.

Библиографический список

1. Предложения о внесении изменений в федеральный регистр технологий производства продукции растениеводства (систему технологий) с учетом функциональных возможностей грузовых автомобилей высокой проходимости грузоподъемностью 5...6 т М., 2010.
2. Ерохин М.Н. Износостойкость карбидосодержащих хромовых покрытий, полученных из газовой фазы / М.Н. Ерохин, С.П. Казанцев, Н.Н. Чупятов // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2017. №5(81) С. 48-53.
3. Мельников О.М. Работоспособность соединений «вал-манжета» и повышение их надежности / О.М. Мельников // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2018. №2(84) С. 50-54.
4. Мельников О.М. Повышение работоспособности уплотнительных устройств подшипниковых узлов сельскохозяйственной техники / автореферат дисс. ... канд. техн. наук / РГАУ-МСХА. М., 2020.
5. Игнаткин И.Ю. Способ восстановления вала редуктора с применением упрочненной ремонтной детали / И.Ю. Игнаткин, А.В. Дроздов // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2020. №9. С. 1317.
6. Леонов О.А. Теоретические основы расчета допусков посадок при ремонте сельскохозяйственной техники / О.А. Леонов // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2010. №2(41) С. 106-109.
7. Гамидов А.Г. Безразборное восстановление трущихся соединений тракторов и автомобилей (методы и средства) / А.Г. Гамидов // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2014. №1 (6) С. 50-53.
8. Бондарева Г.И. Теоретические основы выбора рациональных способов восстановления деталей / Г.И. Бондарева, О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба, Ю.Г. Вергазова // Сельский механизатор. 2019. №5. С. 38-39.

УДК 620.169.2

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ РЕСУРСНО-ДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

Самуков Н. Д., магистр

Фофлин Д. И., магистр

Научный руководитель: Ерохин М. Н., академик РАН, доктор технических наук, профессор

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ

Аннотация. В статье освещена актуальность и востребованность процесса упрочнения рабочих органов техники, используемой в кормопроизводстве. Приведена методика оценки качества упрочнения рабочих органов путём проведения ускоренных лабораторных испытаний. Приведен анализ подобных методик и подобраны технические параметры к разрабатываемому лабораторному стенду.

Ключевые слова: нож, кормозаготовительная и кормоприготовительная техника, кормопроизводство, упрочнение, стенд, испытания.

Введение. Современное животноводство невозможно представить без специализированной сельскохозяйственной техники для заготовки и приготовления полнорационного сбалансированного корма. В ходе работы техники (смесители-кормораздатчики, косилки, кормоуборочные комбайны и т.д.), в большинстве случаев, в роли рабочего органа выступает нож, определенной формы (рис. 1, а, б).



а



б

Рис. 1 – Исполнительные элементы рабочих органов:

а – нож косилки Kverneland; б – нож кормораздатчика DeLaval и Seko

По данным МСХ РФ в структуре машинно-тракторного парка доля импортной техники в 2014 году составляла 89%, а последние годы достигает 95% [1]. Соответственно поставляемые запасные части к этой технике тоже являются импортными.

Формы ножей разнообразны: от примитивных прямоугольных ножей до ножей специфических со сложной геометрией. Применение ножей сложной формы свойственно, по большей части, иностранным производителям техники, таким образом они добиваются лучших характеристик машин, (энергопотребление, производительность, сокращение ручного труда и т.д.) кроме того, ножи сложной геометрической формы тяжело подделать, что помогает оградить пользователя техники от покупки расходных материалов низкого качества. Замена рабочих органов является дорогостоящей операцией, а в связи с применением санкций странами Европейского Союза в отношении Российской Федерации, наблюдаются проблемы с поставками импортных ножей для техники. В связи с этим, проявился повышенный спрос на ножи отечественного производства. Однако, качество ножей, произведенных в России несравнимо в худшую сторону с европейскими аналогами по прочности и износостойкости. Для проведения испытаний разрабатываемых конструкций и ножей, технологий по их упрочнению разработан испытательный стенд.

Цель исследования. Подобрать оптимальные технические характеристики и требования, предъявляемые к стенду для проведения ускоренных ресурсно-динамических испытаний исполнительных элементов рабочих органов сельскохозяйственной техники в кормопроизводстве.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд следующих задач: 1. Провести анализ существующих испытательных стендов схожего типа; 2. Анализ условий работы рабочих органов техники для механизации кормопроизводства. 3. Анализ отзывов пользователей отечественной и зарубежной кормозаготовительной и кормоприготовительной техники. 4. Разработать опытную модель для ускоренных испытаний.

Материалы и методы исследования. За основу подбора технических параметров разрабатываемой установки принят метод испытания режущих элементов в растительных средах МУ 105-0-068-89 [2] и методика производственных испытаний по оценке эффективности упрочняющих технологий [3].

Методика МУ 105-0-068-89 направлена на испытание режущих элементов рабочих органов машин для заготовки и измельчения кормов в условиях изнашивания лезвий растительной массой. Методика предполагает определение степени изнашивания лезвий растительной средой при осуществлении процесса резания в устанавливаемых режимах испытаний.

Результаты исследований.

Проведен анализ наработки на отказ кормораздатчиков, испытанных в 2021 и 2017-2020 годах (рис. 2).



Рис. 2 – Сравнительные данные наработки на отказ машин для механизации животноводства

Чаще всего выходят из строя рабочие органы (ножи) смесителей-кормораздатчиков. Они быстро изнашиваются из-за условий их эксплуатации, гнутся, скалываются. Для предотвращения таких поломок и быстрого износа применяют современные средства и технологии упрочнения рабочих органов.

Существует множество технологий по упрочнению сталей [4-7], из которых изготавливаются ножи. Самыми распространенными являются: цементация, нитроцементация, борирование, наплавка, напайка. Упрочнение деталей сельскохозяйственных машин приводит к увеличению их ресурса, что в свою очередь повышает экономическую эффективность работы АПК в России. В условиях санкций, в которые попала наша страна, остро стоит вопрос по импортозамещению рабочих органов машин для механизации животноводства и разработке отечественных технологий увеличения их ресурса [8].

В результате проведенного анализа существующих устройств по испытанию рабочих органов сельскохозяйственной техники, определены технические параметры, которые будут предъявляться к разрабатываемому лабораторному стенду. Разрабатываемый стенд для испытания рабочих органов машин для механизации животноводства должен содержать: оснастку в виде шнека для ножей, которые будут подвержены испытаниям; привод для вала шнека; преобразователь частоты, позволяющий изменять скорость вращения шнека, тем самым проводить испытания при разных режимах резания; бункер для абразива с окнами для загрузки и выгрузки абразивной смеси.

Анализ особенностей среды работы ножей смесителей-кормораздатчиков, влияющей на их ресурс представлен в работе [9]. Данный анализ позволил подобрать необходимый материал и условия, копирующие работу смесителей-кормораздатчиков.

В качестве имитации условий для испытаний планируется использовать смесь опилок и абразива. Опилки помогают увеличить объем и сыпучесть массы, а в роли абразива может выступать как обычный калиброванный песок, так и электрокорунд. Для точности измерений необходимо использовать каждый раз новую смесь, так как во время работы абразив имеет свойство изнашиваться. Пропорция опилок и абразива будет подбираться под определённые параметры, также в бункере будет создаваться разная влажность и кислотность.

В настоящий момент происходит подбор и расчет технических параметров разрабатываемого лабораторного стенда для ресурсно-динамических испытаний рабочих органов сельскохозяйственной техники в животноводстве.

Выводы. В результате представленной работы, была освещена проблема, возникшая у отечественных сельскохозяйственных производителей при использовании зарубежной техники в процессе кормопроизводства. Проведен анализ данных по наработке исполнительных элементов рабочих органов. Приведены основные методики их упрочнения. Определены основные требования к установке для проведения ускоренных ресурсно-динамических испытаний работы ножей в лаборатории.

Библиографический список

1. Ерохин М.Н. Износостойкость низколегированных сталей в абразивной среде / М.Н. Ерохин, С.М. Гайдар, Д.М. Скороходов, С.М. Ветрова, А.С. Барчукова // *Агроинженерия*. 2023. Т. 25, № 3. С. 4-7.
2. Бойко А.И. Методические указания обеспечение износостойкости изделий. Метод испытания режущих элементов растительных средах МУ 105-0-068-89 / А.И. Бойко, П.И. Прокопцев, М.Н. Ерохин, Б.Д. Платонов // Министерство машиностроения для животноводства и кормопроизводства, 1983 г.
3. Постников С.Н. Методика производственных испытаний по оценки эффективности упрочняющих технологий / С.Н. Постников, А.Е. Силуанов, Е.Б. Райкова, Н.В. Герасимова // Горьковский государственный университет имени Н.И. Лобачевского, лаборатория ОИМП, научно-производственный кооператив «Экситон», 1989 г.
4. Казанцев С.П. Совершенствование технологии восстановления и упрочнения деталей машин железоборидными покрытиями / С. П. Казанцев // *Ремонт. Восстановление. Модернизация*. – 2005. – № 1. – С. 30-31.
5. Казанцев С.П. Разработка комбинированной технологии получения железоборидных покрытий при восстановлении и упрочнении деталей сельскохозяйственной техники: специальность 05.20.03 "Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве": автореферат диссертации на

соискание ученой степени доктора технических наук / Казанцев Сергей Павлович. – Москва, 2006. – 32 с.

6. Черноиванов В.И. Организация и технология восстановления деталей машин / В.И. Черноиванов, В.П. Лялякин. – М.: ГОСНИТИ, 2003. – 488 с.

7. Новиков В.С. Обеспечение долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин: автореферат дис. ... доктора технических наук: 05.20.03 / В. С. Новиков; [Место защиты: Моск. гос. агроинженер. ун-т им. В. П. Горячкина]. - Москва, 2008. - 38 с.10.

8. Ерохин М.Н., Новиков В.С. Прогнозирование долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин при их разработке // Вестник ФГОУ ВПО

«МГАУ имени В.П.Горячкина». 2017 год. №6. С. 56-62.
<https://doi.org/10.26897/1728-7963-2017-6-56-623>.

9. Самуков Н.Д. Особенности эксплуатации ножей типа "звездочка" кормораздатчиков-смесителей Delaval и Seko / Н.Д. Самуков, Д.М. Скороходов // Чтения академика В.Н. Болтинского, Москва, 25–26 января 2023 года. Том 2. – Москва: ООО «Сам полиграфист», 2023. – С. 229-234.

УДК 631.3

УСТРАНЕНИЕ ТЕЧЕЙ РАДИАТОРОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН И ТЕХНИКИ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИМ НАПЫЛЕНИЕМ ПОРОШКОВОГО МАТЕРИАЛА

Серов Н. В., к.т.н., доцент кафедры сопротивления материалов и детали машин

Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

Серов А. В., к.т.н., доцент кафедры МТ-13 (Технологии обработки материалов)

Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана

Аннотация. В представленных материалах рассмотрены классификация, основные дефекты радиаторов ДВС и способы их устранения. Установлено что перспективным способом устранения течей радиатора является холодное газодинамическое напыление.

Ключевые слова: Радиаторы, напыление, дефекты, восстановление, напыление, порошки, ремонт.

Одной из важнейшей частью автотранспортных средств является радиаторы системы охлаждения ДВС (двигателя внутреннего сгорания). Во время активного использования тракторов, автомобилей, комбайнов и другой техники появляются разные дефекты, которые приводят к ухудшению работы и могут полностью остановить работу машины [1].

На сегодняшний день исправление проблемы течей радиаторов в первую очередь связана с заменой неисправного радиатора и на много реже ремонтом путем пайки трубок или их полной заглушки [2].

При этом замен радиатора ДВС с течью на новый достаточно затратный вариант исправления данного дефекта, так как новый радиатор на автотракторную технику требует значительных финансовых вложений.

Радиаторы системы охлаждения, работают при температуре от -35 до + 130 градусов и при этом испытывают избыточное давление в системе.

В свою очередь радиаторы системы охлаждения двигателя автомобиля можно классифицировать следующим образом и представлены на рис. 1.



Рис. 1 – Классификация радиаторов системы охлаждения двигателя

В зависимости от конструкции и материалов изготовления радиаторов системы охлаждения двигателя они имеют разные характеристики.

Например:

Трубчато-пластинчатые и трубчато-ленточные радиаторы системы охлаждения ДВС, которые произведены из алюминиевого сплава, значительно менее затратны, дешевле и имеют относительно небольшую массу, но теплообмен при сохранении их размера и эффективной площади рассеивания тепла, а также их надёжность значительно меньше, чем у радиатор изготовленных из медного сплава.

Независимо от конструкции и материала изготовления радиаторов системы охлаждения двигателя они имеют следующие дефекты, которые можно классифицировать следующим образом:

К внутренним засорениям радиаторов относят: накипь, инородные тела, ржавчина, а к наружным: масляные, пылевые и растительные загрязнения, которые уменьшают эффективную площадь теплообмена (рис.2).



Рис. 2 – Классификация дефектов радиаторов системы охлаждения двигателей

Течь в трубках и местах их соединения с баками происходит в следствии удара или расхождения швов в местах пайки трубок.

К механические повреждения охлаждающей ленты и пластин относят: следы механических повреждений в виде вмятин и вырывов охлаждающей ленты, погнутости, смятие, местные смещения пластин, загибы наружных краёв охлаждающих пластин.

Заглушка трубок радиаторов проводят запаиванием поврежденных трубок с обоих концов.

Трещины и обрывы опорных пластин происходят в следствии отрыв мест припайки опорных пластин к трубкам.

К повреждениям, вызванным химическим воздействием относят коррозию: трубок, ленты и пластин под постоянным воздействием внешней среды.

Для предупреждения образования дефектов радиаторов системы охлаждения двигателя при эксплуатации применяются следующие меры.

- Очистка радиаторов от внешних и внутренних загрязнений
- Своевременная доливка и замена охлаждающей жидкости
- Проверка на наличие механических и химических повреждений радиатора
- Проверка мест крепления радиатора

В процессе диагностирования и ремонта радиатора применяют следующее оборудование: стенд для очистки и ремонта радиаторов Р-928, установка для замены охлаждающей жидкости SL-033М, установка для холодного газодинамического напыления Димет 405.

Заглушка трубок радиаторов проводят запаиванием поврежденных трубок с обоих концов.

Трещины и обрывы опорных пластин происходят в следствии отрыв мест припайки опорных пластин к трубкам.

Химические повреждения радиаторов проявляются в виде коррозии: трубок, пластин (ленты), баков вследствие их взаимодействия с внешней средой.

В процессе диагностирования и ремонта радиатора применяют следующее оборудование: стенд для очистки и ремонта радиаторов Р-928, установка для замены охлаждающей жидкости SL-033М, установка для холодного газодинамического напыления Димет 405,

При возникновении и обнаружении дефектов радиаторов системы охлаждения двигателя автомобиля в настоящее время применяют следующие способы их устранения [3-5]:

- Пайка охлаждающей ленты и течи в трубках радиатора: проводится свинцово-оловянными припоями с повышенным содержанием свинца (ПОС-18, ПОС-30 и др.). Приклеивание охлаждающей ленты и заклеивание течи трубок радиаторов проводят: двухкомпонентным клеем «Жидкий Метал» (Loctite Chemical Metal) или Металлопластином «холодная сварка» (LIQUI MOLY). Добавление герметика в охлаждающую жидкость для заделки небольших течей трубок радиаторов системы охлаждения используют: герметик (LIQUI MOLY) Германия, порошковый герметик с алюминием (GUNK) США, Герметик АС-180

Россия “Астрахань”. Аргонодуговая сварка трещин баков и трубок радиатора с использованием тугоплавкого электрода из вольфрама, а также я подача аргона в зону сварки, обеспечивая, практически бескислородную среду и позволяя поддерживать стабильную электрическую дугу. Заглушка трубок радиатора в месте его течи при наличии к ним доступа, запаивают припоем ПОС-30 с обоих концов. Холодное газодинамическое напыление порошками Димет проводится порошками марок: А-20-11 (Алюминий, корунд, с небольшим процентом цинка).

Основным недостатком ремонта радиатора с применением пайки является то, что его можно использовать только в том случае, если точно определено место течи и оно доступно для пайки, а также имеет невысокую механическую прочность соединений, неприменимость к ряду металлов, невысокую морозо и теплоустойчивость (от -25 до + 200 градусов). Аргонодуговая сварка позволяет устранять только трещин на корпусе и бачках радиаторов, имеет дорогостоящее оборудование и невысокую производительность труда. Клееные соединения имеют небольшую механическую прочность особенно на отрыв и небольшую тепловую сопротивляемость. Заглушать трубки возможно только у разборных радиаторов и не более 5%. Устранение течи в трубках с помощью специальных герметиков, заливаемых в систему охлаждения, позволяет лишь временно восстановить работоспособность машин, не позволяет устранять большие течи, а также существует угроза закупорки трубок небольшого сечения [5].

Перспективным способом ремонта радиаторов системы охлаждения двигателя лишённый вышеперечисленных недостатков является холодное газодинамическое напыление [6-7].

Технология нанесения покрытий включает в себя нагрев сжатого газа (воздуха), подачу его в сверхзвуковое сопло и формирование в этом сопле сверхзвукового воздушного потока, подачу в этот поток порошкового материала, ускорение этого материала в сопле сверхзвуковым потоком воздуха и направление его на поверхность обрабатываемого изделия [7].

Для данного способа применялась установка Димет 405 и порошок марки А-20-11, выпущенные Обнимским центром порошкового напыления (ОЦПН) [7-8].

Холодное газодинамическое напыление имеет следующие преимущества, характеристики технологического процесса и свойства покрытий:

Преимущества:

- Высокая производительность процесса, простота, высокая теплоустойчивость, возможность напыления на подложки из любых металлов и керамики, невысокая себестоимость процесса [7-9].

Характеристика технологического процесса: эффективность использования материала 20-30%, скорость нанесения покрытий от 0,2 до 0,8

кг/час, толщина покрытия от 100 мкм до 50 мм материал подложки для напыления любые металлы и керамика.

Свойства покрытий: адгезия от 30 до 100 МПа, высокая когезия от 30 до 100 МПа, прочность на разрыв от 50 до 120 МПа, пористость 3-5%, твердость по Бринеллю 10-160 НВ, относительное удлинение 1-2%.

Библиографический список

1. Семешин, А. Л. Технологии ремонта радиаторов системы охлаждения ДВС в современных условиях / А. Л. Семешин, Н. А. Мокрецов // Труды ГОСНИТИ. – 2015. – Т. 119. – С. 157-161. – EDN UACDJP.

2. Кобзев, Д. Е. Применение растворов полимеров при ремонте радиаторов системы охлаждения автомобилей и нанесении защитных покрытий / Д. Е. Кобзев, Д. А. Кравчук, Б. С. Моисеев // ЭВОЛЮЦИЯ СОВРЕМЕННОЙ науки : сборник статей Международной научно-практической конференции: в 3-х частях, Пермь, 25 июля 2016 года / Ответственный редактор: Сукиасян Асатур Альбертович. Том Часть 2. – Пермь: Общество с ограниченной ответственностью "Аэтерна", 2016. – С. 69-71. – EDN WGRIDD.

3. Патент № 2605259 С2 Российская Федерация, МПК В23Р 6/00, А01В 15/04. Способ восстановления и упрочнения рабочих органов сельскохозяйственных машин : № 2015113931/02 : заявл. 15.04.2015 : опубл. 20.12.2016 / Н. В. Серов, А. В. Серов, П. И. Бурак ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева" (ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева). – EDN WOUERB.

4. Серов, А. В. Исследование возможности применения холодного газодинамического напыления при заделке отверстий радиаторов охлаждения / А. В. Серов, П. И. Бурак, Н. В. Серов // Техника и оборудование для села. – 2018. – № 12. – С. 38-41. – EDN YQZJBR.

5. Бурак, П. И. Дефекты радиаторов охлаждения автотранспортных средств, способы их предотвращения и ремонт / П. И. Бурак, А. В. Серов, Н. В. Серов // Сборник научных трудов молодых ученых, аспирантов, магистрантов и студентов. – Москва : Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина, 2012. – С. 45-50. – EDN YJHXN.

6. Балданов, К. П. К расчету параметров холодного газодинамического напыления деталей машин с использованием установки ДИМЕТ-405 / К. П. Балданов, М. К. Бураев, П. Г. Рязанов // Вестник ВСГУТУ. – 2019. – № 1(72). – С. 69-73. – EDN ZAXZWH.

7. Лушина, М. В. Технология газодинамического напыления покрытий ДИМЕТ и перспективы применения её в производстве АО "Концерн "НПО "Аврора" / М. В. Лушина // Системы управления и обработки информации. – 2020. – № 3(50). – С. 77-80. – EDN WQXHAM.

8. Лапковская, Т. Н. Применение комбинированных гербицидов димет и фенизан в посевах льна-долгунца / Т. Н. Лапковская, С. В. Сорока // Льноводство: реалии и перспективы, д. Устье, Оршанского района Витебской области, 25–27 июня 2008 года. – д. Устье, Оршанского района Витебской области: Могилевская областная укрупненная типография, 2008. – С. 247-253. – EDN CGBFBV.

9. Применение газодинамического напыления металлов в ремонте автотракторной техники / Т. В. Буздыгар, А. И. Каширин, О. Ф. Ключев, А. В. Шкодкин // Труды ГОСНИТИ. – 2010. – Т. 105. – С. 167-169. – EDN TJHOFR.

УДК 631.3.022

ИЗГОТОВЛЕНИЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ТИПА «ЗВЕЗДОЧКА» МЕТОДОМ FDM 3D ПРОТОТИПИРОВАНИЯ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Скорыходов Д. М., к.т.н., доцент

Опалев Д. А., магистр

*Российский государственный аграрный университет – МСХА имени
К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ*

Аннотация. В данной статье разбирается изготовление детали сегмента «Звездочки» методом FDM 3D прототипирования. Производится анализ существующих методов 3D прототипирования. Проведен возможный способ изготовления биметаллической «Звездочки».

Ключевые слова: рабочие органы, 3D-печать, режущая кромка.

Введение. Развитие современной науки и техники предопределяет поэтапное преобразование традиционных методов производства во многих сферах деятельности. Одним из ярких примеров такого преобразования, а в некоторых сферах производства и трансформации, является внедрение аддитивного производства (АП) [1].

Аддитивное производство существенно отличается от обычных методов промышленного производства, которое носит название субтрактивных технологий, то есть отнимающих. Если при резке, шлифовке, фрезеровке

лишний материал удаляется, то в первом случае наоборот добавляется до получения готовой модели, слой за слоем [2].

3D прототипирование активно развивается в XXI веке во многих отраслях: авиация, медицина, строительство, архитектура, промышленность и др.

В сельскохозяйственном производстве также активно внедряются современные методы 3D прототипирования при ремонте техники.

Перспективным направлением внедрения 3D-технологий в ремонтное производство является комплексное применение аддитивных технологий и 3D-сканирования [3].

Использование 3D сканеров позволяет быстро получить трехмерную модель любой детали и после ее обработке в специализированной программе эту трехмерную модель можно отправить на 3D печать. Такие современные технологии и средства становятся конкурентами обычным методам производства деталей. Так в ремонтном производстве сельскохозяйственной техники уже применяются 3D прототипирование и 3D сканирование. В случае выхода из строя какой-либо детали, и в случае отсутствия запасной части на складе, такую деталь можно быстро изготовить методом 3D печати и поставить на технику, тем самым предотвратить простои этой техники.

Цель исследования: обоснование возможности применения 3D прототипирования при изготовлении рабочих органов сегментов «Звездочка» методом FDM печати при модернизации сельскохозяйственной техники.

Для выполнения поставленной цели необходимо решить ряд следующих задач: 1. Анализ современных методов 3D прототипирования; 2. Анализ предприятий Москвы и Московской области занимающимися печатью металлом. 3. Обосновать параметры рабочих органов сегмента «Звездочка» при изготовлении 3D прототипировании. 4. Выполнить 3D модель исследуемой детали.

Материалы и методы исследования. Исследования проводились на основе изучения литературных данных, методик обработки данных, обеспечивающих эффективность работы 3D принтеров.

Проведен анализ существующих методов 3D печати металлом. К основным таким методам стоит отнести метод DMLS / SLM и метод струйной 3D печати.

DMLS / SLM метод подходит для деталей с высокой геометрической сложностью. Такой метод обеспечивает высокую прочность и стойкость статическим и динамическим нагрузкам. Метод струйной 3D печати подходит для мелких, единичных деталей, после печати требуется спекание детали в печи. Стоит отметить, что данные методы на сегодняшний день очень дорогостоящие.

Однако технологии не стоят на месте и уже печать металлом возможна на домашних 3D принтерах, на которых в основном используют FDM метод печати. FDM метод печати больше подходит для печати термопластиками, но уже сегодня есть возможность печатать композитом содержащим порошковый металл.

Такое стремительное развитие технологий 3D печати металлом в скором времени станет доступно в любой ремонтной мастерской.

Результаты исследований. Проведенный анализ рабочих органов смесителей-кормораздатчиков, позволил определиться с объектом исследования. В горизонтальных смесителях кормораздатчиках DeLaval и Seko в качестве рабочих органов используются сегменты типа «Звездочка» (рис. 1.).



Рис. 1 – Сегмент типа «Звездочка»

От их надежности зависит качество измельченного корма, что в свою очередь влияет на поедаемость этого корма животными. Зачастую такие сегменты не всегда соответствуют своим заданным физико-механическим параметрам, особенно когда детали покупаются не оригинальные. Поставка оригинальных рабочих органов в современных условиях, в которых находится Российская Федерация, затруднена и стоимость в разы увеличилась. Многие неоригинальные рабочие органы менее надежны, их срок службы во многом меньше относительно оригинальных.

Для увеличения надежности рабочих органов сегментов типа «Звездочка», что в свою очередь способствует увеличению их срока службы, предлагается изготавливать методом FDM печати металлом.

На рисунке 2 представлены ступица и венец рабочего органа типа «Звездочка».

Соединение ступицы и колеса возможно различными способами: неразъемными (сварка, заклепки, пайка) и разъемными шпоночными пазами, шлицевыми пазами и др. [4, 5]. Наиболее эффективным способ соединения предстоит выяснить экспериментальным путем.

В целом такой тип детали представляет собой биметаллический рабочий орган.

Ступица изготавливается из материала 65Г, а венец (режущая кромка) изготавливается методом FDM печати – металлом.

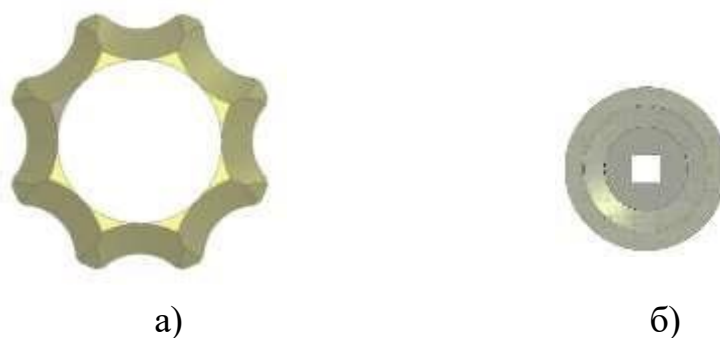


Рис. 2 – Сегмент типа «Звездочка»: а – ступица сегмента; б – венец (режущая кромка)

Венец (режущая кромка) сегмента типа «Звездочка» можно изготавливать методом 3D прототипирования металлом. На сегодняшний день проводится эксперимент по выявлению наиболее эффективного материала для изготовления венца сегмента типа «Звездочка».

В качестве материалов в эксперименте используются нержавеющая сталь и инструментальная сталь, титановые сплавы и кобальт-хромовые суперсплавы. Эти материалы обладают высокой износостойкостью, устойчивости к коррозии, повышенной твердостью.

Основное преимущество титановых сплавов и кобальт-хромовых суперсплавов в том, что они биосовместимы.

Основные технические характеристики 3D-принтера печатающим металлом методом DMLS / SLM следующие: точность размеров $\pm 0,1$ мм; типичный размер сборки 250 x 150 x 150 мм (до 500 x 280 x 360 мм); общая толщина слоя 20-50 мкм; шероховатость поверхности RA 8-10 мкм; внутренняя пористость менее 0,2 - 0,5%. Что говорит о высокой точности изготовления деталей.

Контролировать качество изготовления таких деталей возможно при помощи современного автоматизированного устройства [6, 7].

Однако режущую кромку необходимо будет упрочнять современными средствами и технологиями [8, 9], чтобы обеспечить поверхностный упрочненный слой режущей части.

Выводы. Изготовление рабочих органов для сельского хозяйства методом 3D прототипирования является перспективным направлением. 3D печать металлом уже становится конкурентным способом изготовления изделий к традиционным способам.

Библиографический список

1. Катаев, Ю.В. Обоснование внедрения аддитивного производства на машиностроительное предприятие / Ю.В. Катаев, М.Г. Загоруйко, А.С. Свиридов, С.П. Тужилин // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 9. – С. 104-107. – DOI 10.28983/asj.y2022i9pp104-107.
2. Шкарина, А.И. Перспективы применения аддитивных технологий в Отечественном производстве / А.И. Шкарина, В.А. Кукушкина, П.А. Кровопусков // Современные проблемы теории машин. – 2022. – № 13. – С. 131-135. – DOI 10.26160/2307-342X-2022-13-131-135.
3. Голубев, И.Г. Цифровые решения при техническом сервисе сельскохозяйственной техники: Аналитический обзор / И.Г. Голубев, Н.П. Мишуров, В.Ф. Федоренко [и др.]. – Москва: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 76 с. – ISBN 978-5-7367-1569-5.
4. Ерохин, М.Н. Детали машин / М.Н. Ерохин, С.П. Казанцев. – Москва: ТРАНСЛОГ, 2018. – 410 с.
5. Ерохин, М.Н. Курсовое проектирование по деталям машин и основам конструирования : методические указания и технические задания / М.Н. Ерохин, С.П. Казанцев, О.М. Мельников, Д.М. Скороходов. – Москва: Редакция журнала «Механизация и электрификация сельского хозяйства», 2018. – 44 с.
6. Дорохов, А.С. Контроль качества запасных частей сельскохозяйственной техники автоматизированным измерительным устройством / А. С. Дорохов, Ю.В. Катаев, К.А. Краснящих, Д.М. Скороходов // Наука без границ. – 2018. – № 2(19). – С. 44-50.
7. Патент на полезную модель № 175415 U1 Российская Федерация, МПК G01B 11/03. Автоматизированное устройство для контроля качества запасных частей: № 2017116420: заявл. 11.05.2017: опубл. 04.12.2017 / А.С. Дорохов, К.А. Краснящих, Ю.В. Катаев, Д.М. Скороходов; заявитель ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева» (ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева).
8. Казанцев, С.П. Новая технология получения комбинированных диффузионных покрытий / С.П. Казанцев // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2003. – № 7. – С. 30-32.
9. Ерохин, М.Н. Технологическое оснащение процесса получения металлических покрытий CVD-методом металлоорганических соединений / М.Н. Ерохин, С.П. Казанцев, Н.Н. Чупятов // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2018. – № 6(88). – С. 40-44. – DOI 10.26897/1728-7936-2018-6-40-44.

УДК: 631.36

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СМЕСИТЕЛЕЙ-КОРМОРАЗДАТЧИКОВ И ИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

Скороходов Д. М., к.т.н., доцент

Чупятов Н. Н., д.т.н.

Павлов А. С., соискатель

*Российский государственный аграрный университет – МСХА имени
К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ*

Аннотация. Проведен анализ современной сельскохозяйственной техники для животноводства. Разработана классификация рабочих органов смесителей-кормораздатчиков.

Ключевые слова: смесители-кормораздатчики, рабочие органы, шнеки, ножи, животноводство.

Введение. Животноводство является важным сегментом экономики любой страны, обеспечивающий население всеми необходимыми продуктами питания (мясо, молоко, яйца).

В России продукция животноводства занимает ведущее место в валовой продукции сельского хозяйства, удельный вес которой сохраняется на уровне 47-48% [1].

Анализ данных Росстата показывает, что продукция животноводства на 2022 год составляет 3585,3 миллиардов рублей, что на 6,6% больше показателей 2000 года. По данным Министерства сельского хозяйства Российской Федерации техническое оснащение отрасли животноводства на 2023 год является импортным и составляет 95% от общего количества (рис. 1).



Рис. 1 – Доля импорта сельскохозяйственной техники машин для животноводства в РФ

К сожалению, отечественная сельскохозяйственная техника по многим показателям качества уступает машинам ведущих зарубежных фирм. Из-за низкого уровня ее надежности сельские товаропроизводители несут значительные экономические потери в структуре себестоимости сельскохозяйственной продукции. Затраты на ремонт, запчасти и поддержание машинно-тракторного парка в работоспособном состоянии составляют более 12% [2].

Импортная техника по многим показателям превосходит отечественную сельскохозяйственную технику, в том числе рабочие органы, входящие в состав импортной техники, отличаются повышенной износостойкостью, увеличенным сроком работоспособности и в целом надежностью [3].

Основной сельскохозяйственной техникой в животноводстве являются смесители-кормораздатчики, предназначенные для приготовления полнорационной сбалансированной кормовой смеси. Выполнять главную их функцию позволяют их рабочие органы.

Цель исследования: выявить наиболее востребованные в Российской Федерации фирмы смесителей-кормораздатчиков

Задачами исследования являются: 1. Провести анализ современных смесителей-кормораздатчиков и их рабочих органов; 2. Определить виды рабочих органов смесителей-кормораздатчиков.

Материал и методы. В статье использовались аналитические методы исследования на основе доступных материалов статей и каталогов сельскохозяйственной техники.

Результаты исследований. По оценкам специалистов и руководителей сельскохозяйственных предприятий применение смесителей-кормораздатчиков позволяет снизить реальные затраты труда на приготовление и раздачу кормовых смесей, сократить время на их раздачу, при этом улучшается качество и поедаемость кормов, практически исключено их выборочное поедание, соответственно повышаются надой и улучшаются качественные характеристики молока [4].

Иностранными компаниями разрабатывают и выпускаются различные варианты смесителей-кормораздатчиков с горизонтальным и вертикальным расположением рабочих органов. На сельскохозяйственных фермах в России эксплуатируются смесители-кормораздатчики следующих производителей: Trioliet Solomix (Нидерланды), KUHN (Франция), Celikel (Турция), DeLaval (Швеция), Strautmann (Германия), Metal-Fach (Польша), FARESIN (Италия), KEENAN (Ирландия), RMH (Израиль), Storti S.p.A. (Италия) и др.

В России производителями смесителей-кормораздатчиков являются компания ООО «Профидтех.ру» торговая марка «РФТ», компания АО СМСЗ торговая марка АКМ, ООО «Колнаг» по лицензии европейской фирмы изготавливают смесители-кормораздатчики марки Trioliet, группа компаний "ХОЗЯИН" KOBLiK GROUP изготавливают и выпускают измельчители-смесители-раздатчики кормов как в Российской Федерации, так и в республике Беларусь.

На рисунке 1. представлены современные смесители-кормораздатчики вышесказанных фирм.



а) KUHN
SPV ACCESS - POWER –
INTENSE



б) Trioliet Solomix
Triotrac M



в) Celikel CHARGER



г) Strautmann



д) KOBLiK GROUP

Рис. 2 – Современные смесители-кормораздатчики

По конструктивным параметрам смесители кормораздатчики разделяются на: самоходные, прицепные, передвижные, самозагружающиеся, стационарные и автоматические. Наибольшее распространение в России и за рубежом нашли горизонтальные смесители-кормораздатчики. Их главные рабочий орган является шнек с закрепленными на нем ножами. Шнеки смесителей кормораздатчиков подразделяются на горизонтальные и вертикальные.

Анализ ножей используемых на зарубежных и отечественных смесителей-кормораздатчиков позволил составить их классификацию (рис. 3.)

Ножи на смесителе-кормораздатчике играют важную роль в обработке кормовых ингредиентов и создании кормовых смесей. Они выполняют

несколько функций: измельчение, раздробление, создание однородной кормовой смеси; улучшение производительности.

Рабочие органы смесителей-кормораздатчиков работают в тяжелых условиях, к которым в том числе относятся коррозионная среда, абразивная среда и др., в результате чего они быстро изнашиваются и выходят из своего работоспособного состояния.



Рис. 3 – Классификация ножей смесителей-кормораздатчиков

Износ рабочих органов может привести к тяжелым последствиям для животных, в том случае если происходит откол изношенной части, и она попадает в кормовую смесь, а также износ влияет на качество кормовой смеси, усвояемости животными и техническими затратами для техники в целом.

В условиях санкций особенно остро стоит вопрос о необходимости замены дорогостоящих импортных рабочих органов отечественными, обладающими высокой износостойкостью и работоспособностью. Для решения этой задачи необходимы новые материалы и технологии.

Увеличить срок службы рабочих органов возможно за счет их восстановления и упрочнения [5, 6, 7], для этого необходимо использовать современные средства и технологии, позволяющие повысить износостойкость, коррозионную стойкость и ресурс работы запасных частей [8] сельскохозяйственных машин.

Выводы. В Российской Федерации техническое оснащение отрасли животноводства на 2023 год является импортным и составляет 95% от общего количества. Затраты на ремонт, запчасти и поддержание машинно-тракторного парка в работоспособном состоянии составляют более 12%. Наиболее используемые смесители-кормораздатчики на фермах – горизонтальные. Составлена классификация ножей смесителей кормораздатчиков.

Библиографический список

1. Морозов, Н.М. Система машин для механизации и автоматизации выполнения процессов при производстве продукции животноводства и птицеводства на период до 2030 года: монография / Н.М. Морозов и др. – М.: ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, 2021. – 180 с.
2. Ерохин М.Н., Новиков В.С. Прогнозирование долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин при их разработке // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2017. № 6. С. 56-62 <https://doi.org/10.26897/1728-7936-2017-6-56-623>.
3. 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.
4. Лачуга Ю. Ф., Горбачёв И. В., Ежевский А. А., Измайлов А. Ю., Кряжков В. М., Антышев Н. М., Бабченко В. Д., Бейлис В. М., Голубкович А. В., Гришин А. П., Евтюшенко Н. Е., Жалнин Э. В., Жук А. Ф., Колесников В. А., Левина Н. С., Личман Г. И., Марченко Н. М., Марченко О. С., Михеев В. В. и др. Система машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства на период до 2020 года // Животноводство. — М.: ВИМ, 2012. — Т. 2. — 211 с.
5. Казанцев, С.П. Восстановление плунжерных пар топливных насосовраспределительного типа диффузионным хромонитридными покрытиями: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / С.П. Казанцев // Российский государственный аграрный университет - Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева. Москва. – 1988. – 142 с.
6. Казанцев, С.П. Разработка комбинированной технологии полученияжелезоборидных покрытий при восстановлении и упрочнении деталей сельскохозяйственной техники: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Казанцев С.П. // Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. Москва. – 2006. – 32 с.
7. Казанцев, С.П. Новая технология получения комбинированных диффузионных покрытий / С.П. Казанцев // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2003. – № 7. – С. 30-32.
8. Скороходов, Д.М. Использование бесконтактных методов и средств контроля для проверки качества запасных частей сельскохозяйственной техники / Д.М. Скороходов, К.А. Краснящих, А.С. Свиридов // Технический сервис машин. – 2020. – № 2(139). – С. 141-148. – DOI 10.22314/2618-8287-2020-58-2-141-148.

ОБ УВЕЛИЧЕНИИ ПРИБЫЛИ И СНИЖЕНИИ ЗАТРАТ В ПРОИЗВОДСТВЕ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

Шишкова С. Г., магистр,

Научный руководитель: Чеха О. В., соискатель, специалист по УМР

*Российский государственный аграрный университет – МСХА имени
К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ*

Аннотация: Целью данной статьи являлось изучение современных аспектов увеличения прибыли и снижения затрат при производстве мяса, а также существующие подходы к оптимизации процессов в мясном производстве и разработаны некоторые рекомендации по применению новых технологии.

Ключевые слова. инновации, проблемы производства, эффективность, производство мясной продукции.

Введение.

В современных реалиях в производстве мяса существует ряд проблем, связанных с необходимостью одновременного увеличения прибыли и снижения затрат. Данный проблемный вопрос важен как для научных и практических задач в сельском хозяйстве, так и для пищевой промышленности. Поскольку, по нашему мнению, обеспечение устойчивости и рентабельности производства мяса играет одну из ключевых составляющих в отечественной экономике, а вместе с этим и обеспечении продовольственной безопасности страны.

В последние годы было проведено множество исследований, направленных на решение проблемы увеличения прибыли и снижения затрат при производстве мяса. Некоторые из них рассматривали инновационные подходы к кормлению и содержанию скота [1, с. 43], оптимизацию процессов внутри ферм [2, с. 219], [3] использование как новых, так и инновационных технологий в производственных процессах [4]. Однако, некоторые аспекты этой проблемы остаются недостаточно изученными и требуют дальнейшего изучения.

Цель и задачи исследования.

Целью данной статьи является изучение современных аспектов увеличения прибыли и снижения затрат при производстве мяса. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

1. изучить существующие подходы к оптимизации процессов в мясном производстве;
2. проанализировать эффективность различных методов снижения затрат;
3. изучить новые технологии и их применение в мясной промышленности;

4. разработать некоторые рекомендации по увеличению прибыли и снижению затрат при производстве мяса.

Условия, материалы и методы исследования.

Сегодня производство мяса занимает важное место в экономике Российской Федерации. По последним данным, в 2022 году производство мяса составило 10,7 млн тонн, что на 1,5% больше, чем в предыдущем году. В России основными производителями мяса являются Свиноводство объемом 5,4 млн тонн, птицеводство – 4,8 млн тонн и овцеводство объемом 0,5 млн тонн [5, с. 44].

Вместе с этим, следует отметить, что несмотря на общий рост объемов производства, производство мяса в последние годы столкнулось с проблемой снижения рентабельности.

Сегодня в области производства мяса существует ряд нерешенных проблем [6], которые требуют пристального внимания [7] и научных исследований для их решения [8]:

- высокие цены на корма по-прежнему остаются одной из главных трудностей, и поиск эффективных и рентабельных методов кормления скота и птицы становится приоритетом;
- неравномерный спрос на мясные продукты и сезонные колебания потребления могут привести к перепроизводству или дефициту на рынке, что требует более точного прогнозирования спроса и соответствующего планирования производства;
- необходимо уделять внимание повышению качества мясной продукции, чтобы соответствовать требованиям и ожиданиям потребителей и повышать конкурентоспособность на рынке.

Результаты исследования.

Решение данных проблемных аспектов и вопросов, в свою очередь, может помочь повысить эффективность и рентабельность производства мяса в стране. Отметим, что важность разработки и внедрения инновационных подходов, а также научных исследований и практических мер нельзя недооценивать, поскольку это способствует развитию сельского хозяйства и обеспечению продовольственной безопасности страны.

В рамках этой статьи мы определили основные направления снижения затрат и увеличения прибыли при производстве мяса, а именно:

1) Использование более эффективных кормов и добавок при производстве мяса существенно влияет на финансовые показатели предприятия.

2) Повышение продуктивности животных, обеспечиваемое высококачественным и сбалансированным питанием, приводит к увеличению количества мяса, производимого на единицу потребления.

3) Также, благодаря правильному питанию, улучшается качество мяса, что способствует увеличению спроса на продукты и удорожанию их стоимости. Например, сокращение потерь продукции, связанных с плохим питанием или недостаточной кормовой базой, также помогает снизить затраты и увеличить общую прибыль.

Увеличение объемов производства мяса напрямую связано с ростом прибыли компании. Предприятиям отрасли важно стремиться к увеличению объемов производства без ущерба для качества и безопасности сырья. Этого можно достичь за счет внедрения эффективных методов разведения, управления животноводством и рациональной организации производственных процессов. Вместе с тем, по нашему мнению, увеличение выпуска продукции не должно сопровождаться снижением качества и безопасности, в противном случае это может негативно сказаться на репутации предприятия и доверии потребителей.

Выводы.

Снижение производственных потерь также является наиболее важным аспектом, влияющим на рентабельность производства мяса. Уменьшение количества отходов, вызванных, например, некачественными условиями хранения или несоблюдением технологических процессов, снижает себестоимость производства и переработки продукции.

Также отметим, что увеличение количества продаваемой продукции за счет минимизации потерь тоже способствует росту доходов компании. Для этого важно стремиться оптимизировать все этапы производства – от выращивания животных до переработки готовой продукции, учитывая специфику конкретного предприятия и региона страны.

Таким образом, мы можем резюмировать, что в результате совместного применения некоторых, предложенных нами рекомендаций, они способствуют оптимизации производства мяса, повышению его рентабельности и конкурентоспособности на рынке. Так, сознательное и эффективное управление всеми этими аспектами позволяет достичь желаемых результатов и успешно развивать отечественное предприятие в долгосрочной перспективе.

Библиографический список

1. Джамбулатова К.Д. Повышение эффективности производства мясных продуктов / К.Д. Джамбулатова // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков. – 2014 – № 5. – С. 43-46.

2. Сергеева Н.В. Цифровые инструменты в экспресс-оценке качества мясного сырья / Н.В. Сергеева, О.В. Чеха // Пищевая индустрия в современных условиях: тренды и инновации : сборник научных статей Международной научно-практической конференции, Орел, 19 апреля 2023 года. Том Выпуск 2. –

Орел: Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, 2023. – С. 219-223. – EDN WNINHO.

3. Перспективы развития интеллектуального сельского хозяйства в современных экономических условиях (на материалах Чувашской Республики) : Монография / О.Г. Каратаева, Т.М. Ворожейкина, Ю.В. Чутчева [и др.]. – Саратов : Вузовское образование, 2020. – 56 с. – ISBN 978-5-4487-0736-0. – EDN LBZEAA.

4. Разгоняева А.И. К вопросу о ресурсосбережении на предприятиях пищевой промышленности / А.И. Разгоняева, О.В. Чеха // Пищевые инновации и биотехнологии : сборник тезисов IX Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Пищевые инновации и биотехнологии» в рамках III международного симпозиума «Инновации в пищевой биотехнологии», Кемерово, 17–19 мая 2021 года. Том 1. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2021. – С. 521-523. – EDN RYLNWN.

5. Глотова И.А., Козлобаева Е.А., Литовкин А.Н., Кубасова А.Н., Сысоева М.Н., Артемов Е.С. Разработка инновационных мясных продуктов с использованием вторичных сырьевых ресурсов / И. А. Глотова // ТППП АПК. – 2022. – № 3. – С. 43-47.

6. Песня, Ю. П. Современный подход к особенностям подбора, применения и утилизации упаковки для мясной продукции / Ю.П. Песня, М.Е. Чеха, Д.С. Жулин // Наука в мегаполисе Science in a Megapolis. – 2023. – № 8(53). – EDN XJQNTG.

7. Чеха О.В. Технологии в мясопереработке: проблемы и перспективы совершенствования / О.В. Чеха // Аспирант и соискатель. – 2022. – № 2(129). – С. 33-35. – DOI 10.25633/AS.2022.02.02. – EDN VOTGVU.

8. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – Москва : ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с. – ISBN 978-5-6049928-2-1. – EDN RSFSFK.

СЕКЦИЯ: «ИННОВАТИКА В ТЕХНИЧЕСКОМ СЕРВИСЕ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ»

УДК. 629.113

АНАЛИЗ ОТКАЗОВ ДЕТАЛЕЙ ГИДРОПРИВОДА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО АВТОТРАНСПОРТА

Артёменко А. И., старший преподаватель,

Котомчин А. Н., к.т.н.,

*Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко,
г. Тирасполь, Приднестровье*

Аннотация. В статье проведен обзор существующих отказов гидропривода специализированного автотранспорта. Анализ причин отказов гидропривода показал, что основной причиной является загрязненное масло. Предложены пути повышения надёжности гидрораспределителей.

Ключевые слова: гидропривод, надёжность, отказы, рабочая жидкость, хромирование.

Введение.

Известно, что в отличии от базовых моделей, специализированный транспорт оборудуется дополнительным оборудованием, которое выполняет работу по опрокидыванию кузова, разгрузке-погрузке груза в кузов, прессовки твёрдых бытовых отходов и др. При этом основным приводом по управлению этим рабочим оборудованием является гидропривод, который получает привод от силового агрегата, что в свою очередь значительно влияет на надёжность автотранспорта и на интенсивность износа всех узлов [1].

Теоретические предпосылки.

При проведении анализа причин возникновения характерных отказов агрегатов специализированного автотранспорта было выявлено, что на гидропривод приходится около 25% отказов (Рис. 1). Это связано в свою очередь с производственными дефектами (не качественными запасными частями), кроме того данные детали испытывают большие колебания нагрузок на рабочих органах, что в свою очередь может приводить к отказам агрегатов гидропривода. В результате чего отказы гидропривода и рабочих органов имеют значительное влияние на показатели надёжности специализированного автотранспорта [1].

Конструкционные и производственные отказы, как правило, выявляются в начальный период эксплуатации. Они могут быть выявлены также в процессе приработочных испытаний в заводских условиях [2, 3].

Эксплуатационные отказы являются следствием нарушений условий работы, на которые рассчитан данный привод, не соблюдения оговоренных в технической документации правил эксплуатации, низкой квалификации обслуживающего персонала, естественного старения и изнашивания [2, 3].

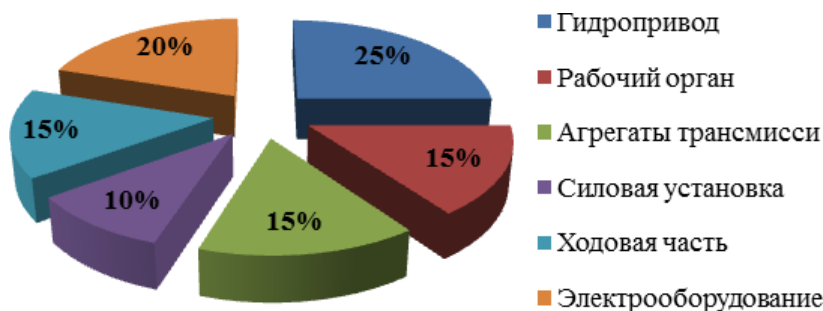


Рис. 1 – Распределение отказов специализированного автотранспорта

Результаты исследований.

В результате проведенных исследований надёжности агрегатов гидропривода было выявлено, что надёжность основных элементов (гидрораспределитель, гидроцилиндры, трубопроводы) значительно ниже зарубежных. Так от 70 до 90 % отказов гидроприводов являются функциональными – некачественные запасные части (не оригинальные), не правильная эксплуатация (включение рабочих органов с высокой нагрузкой), выполнение не качественного обслуживания и т.д. В основном от 40 до 95 % систематически повторяющихся отказов связаны с потерей герметичности различного рода уплотнений и, как следствие, интенсивным абразивным (гидроабразивным) износом основных соединений [3, 4].

Так исследования надёжности гидрораспределителей показали, что их ресурс в основном зависит от износостойкости соединения «золотник - корпус». В результате износа золотника, корпус тоже изнашивается одновременно и приводит к отказу всего агрегата в целом.

Известно о том, что технологический процесс производства золотниковых пар является дорогостоящим. Поэтому, проведение исследований надёжности этих элементов, а также восстановление работоспособности, путем применения современных технологий восстановления имеет важное значение. Так при исследовании надёжности гидрораспределителей, было выявлено, что наибольшее влияние оказывают: совершенство конструкции, технологические факторы (качество изготовления), режим эксплуатации, рабочие жидкости,

способы защиты и очистки рабочей жидкости от загрязнения, качество технического обслуживания, ремонта и хранения и др.

Загрязнение рабочей жидкости - одна из основных причин, снижающих такие важные качественные показатели гидроприводов, как ресурс, безотказность, а так же точность оценки их технического состояния (не менее 60 % отказов гидропривода) [3, 4]. Так например, ресурс гидрораспределителей Р-80 в лабораторных условиях значительно превосходит нормативную цифру 250-300 тысяч км пробега специализированного автотранспорта, а при эксплуатации с загрязненной рабочей жидкостью не может достичь 125-150 тысяч км пробега [5].

Надежная работа распределителей обеспечивается своевременным устранением неисправностей при техническом обслуживании. Известно, что из-за неисправностей распределителей типа Р-80, вызванных главным образом внутренними и внешними утечками рабочей жидкости происходят 23-42% всех отказов гидросистем мусоровозов [5, 6].

Для определения способа восстановления основных деталей гидрораспределителя необходимо проанализировать условия их работы и определить основные причины, вызывающие нарушение работоспособности.

Одним из возможных причин повышения трения золотниковых пар периодического действия являются – механическое заклинивание золотника в гильзе из-за попадания в зазоры твердых частиц, являющихся примесями жидкости или продуктами износа трущихся частей.

Причиной отказа золотниковых распределителей также может быть повышенная утечка рабочей жидкости из-за износа кромок рабочих поясков золотника и окон гильзы. Повышение утечек при нейтральном положении золотниковой пары перегружает гидросистему, частое и вынужденное срабатывание регулятора разгрузки насоса приводит к разрушению деталей гидропривода.

Известно, что одним из перспективных способов восстановления золотников гидрораспределителей является – хромирование, которое позволяет достичь необходимых технических свойств восстановленной детали и обладает достаточно высокими физико-техническими свойствами [7, 8, 9].

Ускоренные стендовые испытания показали, что износ золотников восстановленных хромированием с помощью новой технологии с использованием холодного саморегулирующегося электролита хромирования [10] в условиях загрязненного масла в 2,2...2,5 раза меньше износа серийных и в 1,5...2 раза меньше, чем у золотников, восстановленных в универсальном электролите хромирования. Поэтому можно заключить, разработанная технология восстановления с использованием нового холодного саморегулирующегося

электролита хромирования позволяет восстановить работоспособность золотников с надёжностью выше существующих технологий.

Выводы.

Таким образом, одними из направлений повышения безотказности деталей гидроагрегатов, в частности пары трения золотник-корпус является: создание благоприятных условий взаимодействия сопряженных деталей при фрикционном контакте за счет качественной фильтрации рабочей жидкости; выбор материала и способа восстановления, которые могут повысить износостойкость и долговечность пары трения золотник-корпус.

Библиографический список

1. Котомчин А. Н., Зорин В.А. Анализ отказов узлов и агрегатов специализированного автотранспорта, возникающих в процессе эксплуатации // Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса 2021 : Материалы VII международной научно-практической конференции, в рамках 7-го Международного научного форума Донецкой Народной Республики «Инновационные перспективы Донбасса: Инфраструктурное и социально-экономическое развитие», Горловка, 25 мая 2021 года. – Горловка: АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ ИНСТИТУТ ДОНЕЦКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА, 2021. – С. 72-75.

2. Артеменко А. И. Обеспечение надёжности при восстановлении деталей автомобилей и дорожно-строительных машин в Приднестровье // Подъёмно-транспортные, строительные, дорожные, путевые, мелиоративные машины и робототехнические комплексы : Сборник докладов 27-й Московской международной межвузовской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 95-летию подготовки инженеров-механиков МИСИ-МГСУ, Москва, 26–27 апреля 2023 года. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2023. – С. 120-123.

3. Мухаметшина Р. М. Отказы дорожно-строительных машин по параметрам коррозии // Известия КГАСУ. 2013. № 4 (26). С. 403-408.

4. Густов Ю. И. Исследование конструкционно-технологических и эксплуатационных показателей строительной техники // Известия КГАСУ. 2014. № 4 (30). С. 470-475.

5. Зорин В. А. Надёжность механических систем. Учебник для ВУЗов. М.: Изд. «ИНФРА-М», 2015. – 379 с.

6. Янута А. С. Анализ отказов агрегатов грузовых автомобилей КАМАЗ автотранспортных предприятий Г. Бендеры // Высокие технологии и инновации в науке : сборник избранных статей Международной научной конференции,

Санкт-Петербург, 28 января 2021 года. – Санкт-Петербург: ГНИИ «Нацразвитие», 2021. – С. 171-176.

7. Черноиванов В. И., Голубев И. Г. Восстановление деталей машин (состояние и перспективы). – М.: ФГНУ «Росинформ-агротех». – 2010. – 376 с.

8. Янута А. С. Применение гальванического покрытия сплава на основе железа для восстановления изношенных деталей дорожно-строительной техники // Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые, мелиоративные машины и робототехнические комплексы : Сборник статей 26-ой Московской международной межвузовской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Москва, 12–13 мая 2022 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – С. 585-589.

9. 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.

10. Патент № 2762695 С1 Российская Федерация, МПК С25D 3/04. способ электролитического хромирования : № 2020138102 : заявл. 20.11.2020 : опубл. 22.12.2021 / А. Н. Котомчин, В. А. Зорин, А. Ф. Синельников ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет.

УДК 631.3:005.934.4

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ 3D-ПЕЧАТИ ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЛЕСНЫХ МАШИН

Бочков А. Д., студент

Научный руководитель: Голубев И.Г., д.т.н, профессор.

Мытищинского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультета технологии и оборудования лесопромышленного производства, г. Мытищи, РФ

Аннотация: Рассмотрение технологии 3D-печати, ее основные достоинства и недостатки при использовании в качестве изготовления запасных частей для лесных машин.

Ключевые слова. 3D-печать, 3D-принтер, аддитивные технологии.

Применение аддитивных технологий – главная тенденция последних лет в любой сфере промышленного производства. Каждое предприятие в России и

мире стремится создавать более дешевую, надежную и качественную продукцию, применяя самые совершенные методы и материалы. Использование технологий 3D-печати может существенно улучшить традиционное производство, способствовать переходу на стадию нового индустриального развития, к цифровому производству - превзойти традиционное производство по основным параметрам: в разы сократить длительность цикла от идеи, чертежа до изделия, трудоемкость, материалоемкость и энергоемкость; обеспечить экологически чистое производство [1].

3D-печать может производиться разными способами при использовании разных материалов. Но какой бы материал и способ не использовался, он работает по технологии послойного создания или выращивания твердого объекта. Сущность этой технологии заключается в следующем: на первом этапе создания изделия осуществляется разработка 3D-модели с использованием САД-программы в соответствии с техническим заданием и требованиями стандартов. После этого необходимо экспортировать данные файла программы твердотельного моделирования в формат, воспринимаемый программой управляющей машины аддитивного производства (например, «STL»). Перед следующим этапом проводится выявление возможных дефектов модели. Модель, предназначенная для 3D-печати, должна быть герметичной, монолитной и не содержать полых стенок, что обеспечивается с помощью специальных программ. Далее осуществляется преобразование информации из STL-файлов команды, следуя которым 3D-принтер производит изделие. Во время этой процедуры следует выбрать нужный масштаб детали, правильное положение в пространстве, а также точно позиционировать модель на рабочей поверхности. От этого зависят результат всего процесса, прочность, шероховатость поверхности детали и расход материала. После выполнения настроек происходит разделение модели на слои материала, «укладываемые» в тело детали за один рабочий цикл аддитивной машины. Этот процесс получил название нарезка. Нарезка производится с помощью программного обеспечения, поставляемого с машиной или с помощью специальных средств. Полученное на предыдущей стадии изделие передается на 3D-принтер через флеш-память или USB-кабель. В процессе подготовки и настройки аддитивной машины выполняются калибровка, предварительный нагрев рабочих органов, выбор модельного материала и задание зависящих от него параметров режимов работы оборудования. После того, как выполнены все подготовительные операции, запускается процесс печати, т.е. послойного объединения материалов. Его продолжительность зависит от типа технологии и выбранных параметров точности и качества изготовления детали. Созданную деталь

при необходимости подвергаются дополнительным технологическим воздействиям: удаление поддерживающих опор, химическая или термическая обработка, финишная доводка рабочих поверхностей. На заключительной стадии производства проводится контроль качества изготовления детали, включающий в себя проверку соответствия нормативным требованиям геометрических размеров, показателей физико-механических свойств и других параметров, влияющих на потребительские свойства изделия.



Рис.1 – Структура аддитивного технологического процесса производства

Данная технология имеет свои преимущества и недостатки.

К преимуществам можно отнести:

- большая экономия сырья. Аддитивные технологии используют практически то количество материала, которое нужно для производства изделия, тогда как при традиционных способах изготовления потери сырья могут составлять до 80-85% [2];

- сокращение производственных издержек, отсутствие длинных технологических переделов и необходимости содержать большой парк технологического оборудования [3];

- возможность изготовления изделий со сложной геометрией. Оборудование для аддитивных технологий позволяет производить предметы, которые невозможно получить другим способом;

- особенно эффективны 3D-принтеры в мелко- и среднесерийном производстве;

- эффективность 3D-принтеров при производстве тестовых экземпляров, на производство которых требуется много времени или запуск целого производственного цеха;

- мобильность производства и ускорение обмена данными: никаких чертежей, замеров и громоздких образцов. В основе аддитивных технологий лежит компьютерная модель будущего изделия, которую можно передать в считанные минуты в любую точку и сразу начать производство.

К минусам данной технологии можно отнести:

- скорость работы. При крупносерийном производстве всё ещё эффективно использовать традиционные способы производства, особенно в производстве мелких деталей;

- стоимость оборудования. Цена на современные 3D-принтеры может сильно варьироваться, но профессиональные принтеры по металлу стоят от \$200000 и цена всё время растёт;

- 3D-технологии не вписываются во множество текущих процессов;

- недостаточное количество специалистов работающие в области 3D-печати.

В последние годы в России активно ведутся исследования и получены первые результаты практического использования аддитивных технологий. Появились первые отечественные модели высокопроизводительных аддитивных машин, где наряду с импортными комплектующими используется российское программное обеспечение [4].

В целом, в настоящее время на российском рынке аддитивных технологий отечественное оборудование занимает порядка 42%, иностранное оборудование – около 60%. В данной сфере снизилась импортозависимость с 96% до 60%. на 2019 год (рис. 2) [5].

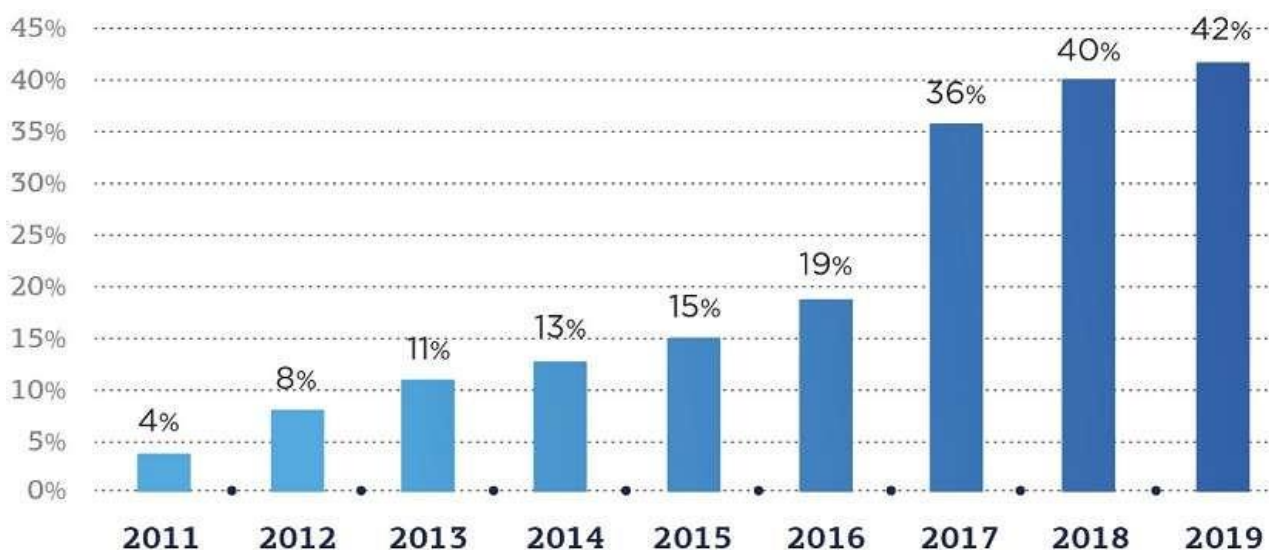


Рис. 2 – Доля российского оборудования для аддитивного производства [5].

Сегментация рынка аддитивных технологий в России происходит в соответствии с мировыми трендами. Тем не менее, процесс внедрения аддитивного производства в сферу электроники в отличие от европейских стран имеет низкие темпы. В наибольшей степени аддитивные технологии внедряются в авиакосмическую и автомобильную отрасли, в частности, аддитивное производство связано с печатью деталей металлическими порошками. По данным Минпромторга РФ, на авиакосмическую отрасль приходится порядка 30% всего производства с применением аддитивных технологий и 25% на машиностроение (рис. 3).

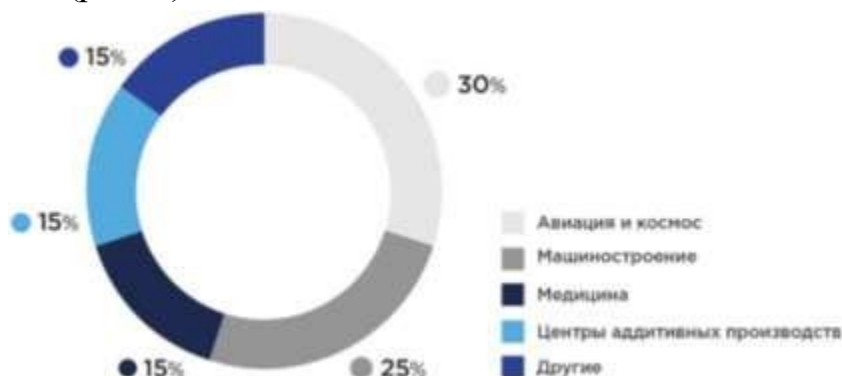


Рис. 3 – Отраслевая структура российского рынка технологий аддитивного производства в 2020 г. [5]

Мировой опыт показывает большие возможности применения аддитивных технологий в машиностроении, в том числе для изготовления прототипов и литейных форм, 3D-печати деталей из полимерных, металлических и керамических деталей. Аддитивные технологии позволяют повысить производительность труда, довести коэффициент использования материала, снизить массу конструкции машин. При этом до минимума сокращается длительность цикла от чертежа до изделия, резко снижаются операционные и капитальные затраты, возрастает экологическая безопасность всех технологических переделов.

При ремонте машин возможно использование аддитивных технологий для восстановления изношенных деталей. Сканирование поврежденных комплектующих сборочных единиц с помощью 3D-сканера (реинжиниринг) с последующей компьютерной обработкой и печатью открывает перспективы создания универсальных многофункциональных производственно-ремонтных комплексов. Сканирование существенно увеличивает скорость и точность восстановления деталей, а также снижает расходы на измерительный инструмент. К перспективным направлениям внедрения аддитивных технологий в ремонтное производство относится комплексное применение аддитивных технологий и 3D-сканирования.



Рис. 4 – Детали лесных машин, изготавливаемые с помощью аддитивных технологий [6].

Таким образом, применение аддитивных технологий позволит значительно повысить эффективность технологических процессов производства и ремонта лесной техники [7].

Библиографический список

1. Федоренко В.Ф., Голубев И.Г. Перспективы применения аддитивных технологий при производстве и техническом сервисе сельскохозяйственной техники: науч. аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 140 с.
2. Давыденко А.А. Аддитивное производство набирает обороты машиностроении // Аддитивные технологии. – 2017. – № 1. – С.24-28.
3. Кукушкин В.А. Аддитивные технологии в машиностроении // Аддитивные технологии. – 2017. – № 1. С. 20-23.
4. Максимов Н.М. Мировой рынок аддитивных технологий // Аддитивные технологии. – 2017. – № 2. – С. 16-22.
5. Рынок технологий 3D-печати в России и мире: перспективы внедрения аддитивных технологий в производство [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://delprof.ru/press-center/open-analytics/rynok-tekhnologiy-3d-pechati-v-rossii-i-mire-perspektivy-vnedreniya-additivnykh-tekhnologiy-v-proizv/>
6. Головкин Г.С. Проектирование технологических процессов изготовления изделий из полимерных материалов. — М.: Химия, КолосС, 2007. — 399 с.: ил. — (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).
7. Перспективные направления использования аддитивных технологий в ремонтном производстве / И. Г. Голубев, А. С. Апатенко, Н. С. Севрюгина [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 6(312). – С. 35-38. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-6-35-38. – EDN LQZVEN.

УДК: 620.20:621

РОЛЬ СМАРТ- МАТЕРИАЛОВ В РЕИНЖИНИРИНГЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАШИН

Бубнова С. О.

Научный руководитель: Балькова Т. И. кандидат технических наук, доцент,

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ

Аннотация. Описан механизм самовосстановления интеллектуальных материалов на примере сплавов и композитов с памятью формы. Изложены основные технологии получения с целью применения при эксплуатации машин и оборудования.

Ключевые слова: память формы, нитинол, композиты, технология получения, применение.

В современных условиях обострились проблемы создания и эксплуатации перспективных машин и комплексов в АПК. Одним из методов замены зарубежных деталей и инструментов, создания конкурентоспособной техники является реверсивный инжиниринг, важный этап которого - выбор материала изделия. Материалы определяют надежность и срок службы изделия и машины в целом. Использование умных материалов является альтернативой, зачастую приводящей к повышению эффективности эксплуатации машин.

К группе интеллектуальных материалов относятся системы, которые обладают способностью не только производить самодиагностику, но и осуществлять самовосстановление. Примером могут служить самовосстанавливающиеся полимеры, в объеме которых равномерно распределены микроконтейнеры (микрокапсулы или полые микроволокна) с восстанавливающим веществом, материалы с памятью формы, высокотемпературные сверхпроводники, метаматериалы [1,2].

Эффект памяти формы — явление возврата к первоначальной форме при нагреве, которое наблюдается у некоторых материалов после предварительной деформации был открыт в 1932 г. Позже обнаружено множество сплавов, обладающих в разной степени свойствами «памяти формы»: Ni–Al, Ni–Co, Ni–Ti; Ti–Nb; Fe–Ni; Cu–Al, Cu–Al–Ni.

Механизм реализации эффекта памяти формы состоит в следующем: в исходном состоянии в материале существует определенная структура. При деформации внешние слои материала вытягиваются, а внутренние сжимаются, происходит мартенситное превращение [3].

При нагреве начинает проявляться термоупругость мартенситных пластин, т.е. в них возникают внутренние напряжения, которые стремятся вернуть структуру в исходное состояние. Поскольку внешние вытянутые пластины сжимаются, а внутренние сплюснутые растягиваются, материал в целом проводит автодеформацию в обратную сторону и восстанавливает свою

исходную структуру, а вместе с ней и форму. Эффект наблюдается только при термоупругих мартенситных превращениях, может проявляться несколько миллионов циклов.

Наиболее широко используемым материалом спамтью формы в настоящее время является сплав Ni-Ti, называемый никелид титана или нитинол.

Установлено [4], что мартенситный переход является неполным в пористых сплавах и проходит в более широком температурном интервале, чем в литых сплавах. Он составляет примерно 250°C , т. е. значительно превышает интервал ($30\text{-}40^{\circ}\text{C}$) превращений литого сплава. Фазовые превращения в пористых материалах на основе никелида титана начинаются в различных областях при разных температурах, вытягивая гистерезис вдоль оси температур, соответственно расширяя температурные интервалы превращений и интервалы проявления эффектов памяти формы и сверхэластичности в пористых сплавах на основе никелида титана (рис.1).

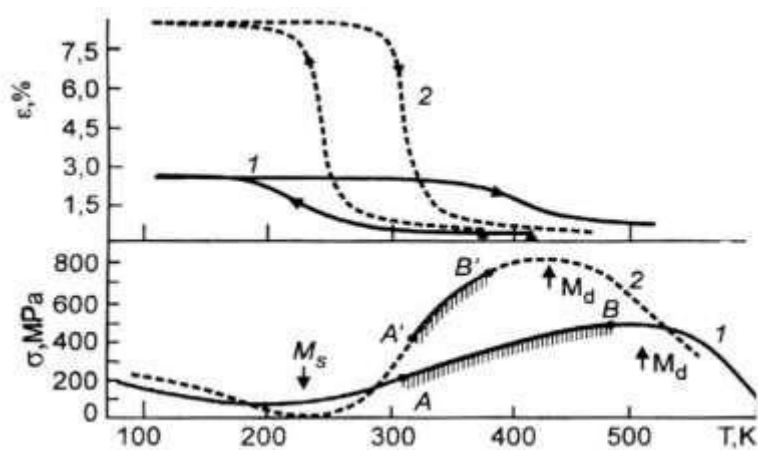


Рис.1 – Температурные зависимости эффекта обратимой памяти и предела текучести в пористом (1) и литом (2) сплавах на основе никелида титана.

Одним из недостатков нитинола является его высокая стоимость, связанная с использованием таких дорогих металлов, как никель и титан. Также нитинол может быть сложно обработать, особенно при создании сложных форм. Кроме того, нитинол может иметь ограниченную температурную стабильность. В качестве альтернативы нитинолу рассматриваются другие сплавы, полимеры и композитные материалы, которые могут обладать схожими свойствами или иметь улучшенные характеристики в определенных областях применения.

На основе этого эффекта создают умные композиты, встраивая волокнистые элементы с памятью формы в металлическую матрицу. Целью внедрения волокон является создание сжимающих напряжений в основной матрице. Напряжение сжатия в матрице благотворно влияет на механические свойства композита, такие как предел текучести и вязкость разрушения. Таким образом, металлические матричные композиты, армированные волокнами с памятью, обладают повышенными свойствами при растяжении (предел текучести), а также сопротивлением усталости, т.е. замедлением роста трещин в композите.

Существует несколько технологий для встраивания Ni–Ti волокон нитинола в Al матрицу. Например, волокна Ti–Ni укладывают в неподвижный держатель в форме, затем расплавляют алюминий и заливают волокна. При другом способе изготовления алюминиевые порошки и волокна Ti–Ni помещали в форму и прессовали при 200 МПа при комнатной температуре воздуха для получения листа. Лист спекали в вакуумной печи при 843 К в течение 1 часа. Одновременно в процессе спекания производилась обработка с эффектом памяти формы. Алюминиевая матрица была удлинена до 12%, что обеспечило предварительную деформацию волокон Ti–Ni до 5%. армированных волокнами с памятью формы.

Композитные материалы с волокном Ti–Ni / Al–матрицей могут быть изготовлены путем намотки вокруг или продольной шнуровки волокон Ti–Ni на тонкий лист из алюминиевого сплава с прямоугольными насечками на концах.

Исследование [5] Ni–Ti сплавов показало, что суперэластичное поведение приводит к повышению износостойкости. Псевдоэластичное поведение уменьшает область упругого контакта во время скольжения. Уменьшение области упругого контакта между двумя скользящими частями увеличивает износостойкость материала. Специальный тип износа - кавитационная эрозия, которая создает специфические проблемы в гидравлических машинах, винтах судов, водяных турбинах. Сравнительные изучения различных материалов [6] показали, что Ni–Ti сплавы имеют более высокое сопротивление кавитационной эрозии, чем обычные сплавы. В мартенситном состоянии у Ni–Ti сплава очень хорошая стойкость к кавитационной эрозии.

Нитинол, сплавы на основе меди и различные полимеры с памятью формы широко используются в приводах, двигателях, датчиках и конструкционных изделия, таких как клапаны ограничения шума, вибрации и жесткости, для контроля шума и вибрации двигателей [7]. Стержни из сплавов с памятью формы в бетонных балках обеспечивают предварительное напряжение моста или здания. Изделия меньших размеров из материалов с памятью формы могут использоваться в качестве надежной арматуры трубопроводной сети.

Таким образом, применение смарт- материалов позволяет повысить срок службы, эффективность и надежность работы машин и оборудования.

Библиографический список.

1. Черепяхин А.А., Балькова Т.И., Смолькин А.А. Электротехническое и конструкционное материаловедение. Сер. Высшее образование. Ростов-на-Дону, 2017, 350 с.
2. Балькова Т.И., Гайдар С.М., Пикина А.М. Современное материаловедение. М. Изд.РГАУ-МСХА, 2023, 124 с.
3. Машиностроительные материалы: учебное пособие по курсу «Материаловедение» для студентов/Волков Г.М., Давыденко Л.В., Балькова Т.И., Прохорова А.И., Тер-Ваганянц Ю.С., Маневский С.Е., Ионова З.Г., Зуев В.М., Герасимова Н.Г. — Москва: Издательство Московский Политех, 2017. — 52 с.

4. Прохорова А.И., Балькова Т.И. Оптимизация лазерного упрочнения штампового инструмента, *Электromеталлургия*. 2018. № 10. С. 24-30.
5. Композиционные материалы : учебное пособие для вузов / Д. А. Иванов, А. И. Ситников, С. Д. Шляпин ; под редакцией А. А. Ильина. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 253 с.
6. Balkova T.I., Prokhorova A.I. Electron-microscopic study of the porosity and the morphology of chemical nickel coatings. *Russian Metallurgy (Metally)*. 2020. Т. 2020. № 6. С. 676-681
7. Электронный ресурс Мир современных материалов. Справочник. <https://worldofmaterials.ru>

УДК 631.3.005.934.4

ВОЗМОЖНОСТИ РЕВЕРС-ИНЖИНИРИНГА ДЕТАЛЕЙ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОЙ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Быков В. В., д.т.н., профессор

Голубев М. И., к.т.н., доцент

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), Мытищинский филиал, Мытищи Московская область, РФ

Спицын И. А., д.т.н., профессор

Пензенский государственный аграрный университет, доктор технических наук, профессор, Пенза, РФ

Аннотация. Показаны возможности реверс-инжиниринга деталей лесохозяйственной и сельскохозяйственной техники при производстве запасных частей для лесохозяйственной и сельскохозяйственной техники. При реверс-инжиниринге создается виртуальная 3D-модель существующего физического объекта (детали). Для получения такой модели разработаны и применяются различные лазерные сканеры, измерительные руки, в том числе PMT ALPHA ARM, а также программное обеспечение.

Ключевые слова: машина, деталь, запасная часть, аддитивная технология, 3D-сканирование, реверс-инжиниринг

В Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (утверждена Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. N 642) указано, что приоритетами и перспективами научно-технологического развития Российской Федерации в ближайшие 10 - 15 лет является переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям,

роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта. Одно из наиболее динамично развивающихся направлений "цифрового" производства является реверс-инжиниринг деталей [1,2,3]. В последние годы появились публикации о использовании реверс-инжиниринга при изготовлении запасных частей для лесохозяйственной и сельскохозяйственной техники, в том числе импортной [4,5,6].

Целью работы является на основе анализа информационных материалов показать возможности применения технологий реверс-инжиниринга при ремонте лесохозяйственной и сельскохозяйственной техники.

Для анализа использованы открытые информационные источники различных организаций по технологиям 3D-сканирования, в том числе ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, ФНАЦ ВИМ и др. Большое внимание уделено изучению и анализу технологий и оборудования для реверс-инжиниринга деталей, представленных на различных ежегодных международных специализированных выставках «Станкостроение» «Аддитивные технологии и 3D-печать в промышленности «Оборудование и технологии обработки конструкционных материалов», «Технофорум», «Интерпластика», «Технофорум» , материалов круглого стола «Состояние и перспективы развития аддитивных технологий в Российской Федерации с учетом курса на технологическую независимость», которую в октябре 2023года организовала Ассоциация развития аддитивных технологий в рамках Российской промышленной недели.

Важным направлением развития АТ является реверс-инжиниринг (обратное проектирование) деталей машин. Обратное проектирование (реверс-инжиниринг) - это создание виртуальной 3D-модели существующего физического объекта. Реверс-инжиниринг решает следующие виды задач: разработка запасных частей; создание исполнительной документации на детали/оснастку; измерение существующих деталей для вторичного рынка или изготавливаемого на заказ оборудования; внесение конструктивных изменений прототипа в файл САПР; изучение формы, прототипа для подтверждения правильности концепции; изучение прототипов для проверки эргономичности [1,2,3]. Например, компания Taylor (Велибритания) проектирует и изготавливает детали сельскохозяйственного навесного оборудования (погрузчиков, ковшей, отвалов, манипуляторов, ножей, грузовых прицепов, вил, захватов, крюков, стрелковых манипуляторов, почворезов, скребков). Клиенты присылают изношенные детали, а специалисты компании, с помощью реверс-инжиниринга воспроизводят их чертежи [2]. В ФНАЦ ВИМ функционирует цифровая 3D-ферма, позволяющая проводить обратное проектирование и изготовление

деталей и узлов сельскохозяйственной техники. Возможности данной 3D - фермы позволили осуществить оперативную замену изношенного зубчатого колеса на приводе насоса низкого давления. Было произведено обратное проектирование колеса, получена САD-модель, доработана в специализированном программном обеспечении и по ней изготовлена методом FDM-печати новая деталь [1].

Перспективен реверс-инжиниринг для восстановления работоспособности деталей и комплектующих для импортных машин. Большой опыт реверс-инжиниринга имеет ООО «КБ РЭДИТИВ» [7]. Работа начинается с анализа номенклатуры деталей для определения целесообразности их изготовления методами 3D-печати. Основными определяющими факторами здесь являются: габариты, материал, количество, геометрия деталей и стоимость их изготовления. Для решения этой проблемы КБ «РЭДИТИВ» разработало специальное программное обеспечение для технико-экономического анализа аддитивного производства.

В сложившейся ситуации дефицита импортных комплектующих реверс-инжиниринг является важнейшим инструментом для их изготовления собственными силами. При помощи 3D-сканирования или компьютерной томографии воссоздается промежуточная компьютерная модель реального объекта в фасетном формате (STL), а анализ ее конструкции, химического состава и микроструктуры материала позволяет определить технологию ее производства. Полученная фасетная модель используется в качестве основы для построения твердотельной САD-модели в стандартном граничном представлении (BREP). В процессе реверс-инжиниринга исходную конструкцию можно улучшить при помощи инженерного анализа и топологической оптимизации. По завершении проектирования восстанавливаемых деталей переходят к их производству. При реализации этих проектов КБ «РЭДИТИВ» использовало собственные оптические измерительные системы, а также компьютерные томографы, 3D-сканеры и лабораторное оборудование, в том числе различных партнеров[7].

Компания TWIZE занимает ведущую позицию на рынке 3D-услуг, в том числе 3D-сканирования, 3D-моделирования и 3D-печати из фотополимера [8]. Компания "3D Контроль" - дилер профессионального измерительного 3D-оборудования, оснастки и сопутствующего программного обеспечения, внедряет в производство высокоточные промышленные 3D-системы мировых брендов, среди которых Hexagon, Photoneo, 3D Systems, и ведущих российских производителей. Для оказания услуг по контролю геометрии используются передовые 3D-технологии и современное программное обеспечение [9].

Для реверс-инжиниринга применяют различные лазерные сканеры(например EINSCAN PRO 2X PLUS, измерительные руки PMT ALPHA ARM серий P, M, E,

Измерительные руки Tomelleri Engineering применяются для контроля качества, измерений, обратного инжиниринга и 3D-моделирования. Лазерные сканеры делают измерительные руки средством для быстрого и точного трехмерного контроля, оцифровки и анализа полученных данных. Такие средства могут использоваться в различных отраслях, в том числе ремонтном производстве. Измерительные руки Tomelleri Engineering совместимы с лазерными сканерами NIKON METROLOGY. Технические характеристики лазерных сканеров NIKON METROLOGY [4] даны в табл.1.

Таблица 1 –Технические характеристики лазерных сканеров NIKONMETROLOGY.

№пп	Показатель	MMDx50	MMDx100	MMDx200
1	Точность сканирования, мкм	14	20	32
2	Ширина линии, мм	50	100	200
3	Погрешность сканирования для модели SPACE Plus 1.8, мкм	35	39	48

Таким образом, при производстве запасных частей для лесохозяйственной и сельскохозяйственной техники, особенно импортной, большие возможности имеет реверс-инжиниринг деталей (обратное проектирование). При реверс-инжиниринге создается виртуальная 3D-модель существующего физического объекта (детали). Для получения такой модели разработаны и применяются различные лазерные сканеры, измерительные руки, в том числе PMT ALPHA ARM, а также программное обеспечение.

Библиографический список

1.Голубев И.Г., Мишуров Н.П., Федоренко В.Ф., Апатенко А.С., Севрюгина Н.С. Цифровизация в сфере технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники: аналит. обзор. - М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2023 – 80с.

2. Федоренко В.Ф., Голубев И.Г. Перспективы применения аддитивных технологий при производстве и техническом сервисе сельскохозяйственной техники–2-е изд. – М.: Издательство Юрайт, 2022. –137с.

3. Голубев И.Г., Апатенко А.С., Севрюгина Н.С., Быков В.В., Голубев М.И. Перспективные направления использования аддитивных технологий в

ремонтном производстве // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 6 . – С. 35-38

4. Голубев И.Г., Спицын И.А., Быков В.В., Голубев М.И. Перспективы применения аддитивных технологий при ремонте сельскохозяйственной техники. //Труды ГОСНИТИ. 2018. Т. 130. С. 214–219.

5. Голубев И.Г., Голубев М.И., Быков В.В. Перспективы применения аддитивных технологий при восстановлении деталей транспортных и технологических машин. //В сборнике «Наземные транспортно-технологические комплексы и средства» //Материалы Международной научно-технической конференции. Тюмень, 2018. С. 87–91.

6. Быков В.В., Голубев М.И., Голубев И.Г. Направления использования аддитивных технологий при ремонте лесопромышленных и лесохозяйственных машин //Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2019. – № 3. С. 26-30.

7. Передовой инжиниринг для аддитивного производства // Аддитивные технологии. 2023. №1.С.30-33.

8. 3D-технологии для бизнеса и возможности производства. Проспект компании компания TWIZE на выставке «Оборудование и технологии обработки конструкционных материалов» в рамках «Технофорум-223» М.: Экспоцентр, 23–26 октября 2023 г.-2с.

9. Измерительные руки PMT ALPHA ARM. Проспект компании "3Д Контроль" на выставке «Оборудование и технологии обработки конструкционных материалов» в рамках «Технофорум-223» М.: Экспоцентр, 23–26 октября 2023 г.-8с.

УДК 621.822.765

УСЛОВИЯ РАБОТЫ И ПРИМЕНЯЕМОСТЬ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Вергун В. И., аспирант

Белгородский ГАУ им. В.Я. Горина, г. Белгород, РФ

Аннотация. В данной статье были рассмотрены подшипники качения, а также описаны их условия работы. Был проведен обзор публикаций и разработана классификация применяемости подшипников качения.

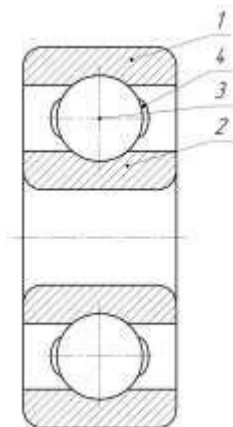
Ключевые слова: подшипники качения, условия работы, опорные узлы, силовые узлы.

Введение. Подшипники качения являются одними из важнейших компонентов механических систем, обеспечивая поддержку и направление вращающихся частей механизмов. Установлено более 52 стандартов для подшипников качения. Они широко используются в различных отраслях промышленности, включая автомобилестроение, электротехнику, строительство и добычу полезных ископаемых [9-10].

Преимущество подшипников качения:

- 1) высокая прочность и долговечность;
- 2) минимальное трение;
- 3) продолжительный срок службы.

В отличие от подшипников скольжения, подшипники качения имеют более сложное устройство, и в большинстве случаев их установка в механизм не требует дополнительных операций, так как они представляют собой уже готовые изделия. Устройство подшипника качения показана на рисунке 1.



1 - наружное кольцо; 2 - внутреннее кольцо; 3 - тела качения; 4 - сепаратор.

Рис. 1 – Устройство подшипника качения

Подшипники качения состоят из следующих основных компонентов:

1. внутреннее и наружные кольца – образуют пути для движения тел;
2. тела качения – шарики или ролики, передающие нагрузку между внутренним и внешним кольцами;
3. сепаратор – разделяет тела качения и гарантирует равномерное распределение тел катания на дорожке качения. Они бывают штампованными, литыми или со специальными отверстиями для подачи смазки;
4. смазка – уменьшает трение между телами качения и дорожками качения и обеспечивает защиту подшипников от коррозии и износа. В подшипниках качения используются различные типы смазок (литиевая, кальциевая, натриево-кальциевая и другие);

5. уплотнения – предотвращают утечку смазки из подшипника и предохраняют его попадания пыли и грязи. Они бывают металлическими, резиновыми или комбинированными.

Некоторые из этих основных компонентов, в зависимости от типа подшипника, могут отсутствовать или быть усовершенствованными. Условия эксплуатации подшипников качения различны и зависят от конкретного применения и требований механизма или машины.

Материалы и методы. Были проанализированы статьи, рассматривающие условия работы подшипников качения и нагрузки, которые они испытывают.

Условия передачи нагрузки внешними роликами подшипниками исследовали, в том числе, Ли Р. И. и Кузнецов М.М. [2]. В работе речь шла о подшипнике с клеем «Вал-подшипник». С целью определения внутренней деформации кольца подшипника под радиальным давлением и перераспределением нагрузки с центральных роликов на первый и второй наружный ролик в ходе исследования была создана аналитическая модель.

В исследовании [3], были изучены особенности работы подшипников при установке тел качения с натягом. В рамках работы был выполнен расчет для подшипника 126126, в котором тела качения были установлены с натягом. Результаты расчета показали, что осевые и радиальные перемещения уменьшились. Более того, автор утверждает, чтобы увеличить срок службы подшипника, необходимо указывать предварительный натяг еще при проектировании. Если этого не сделать, то из-за чрезмерного натяга может сократиться срок службы подшипника.

Ввиду высоких комбинированных нагрузок, подшипники часто выходят из строя. Комбинированные нагрузки включают в себя как радиальные, так и осевые нагрузки. С целью повышения надежности работы подшипников при таких нагрузках, была создана теоретическую модель функционирования шариковых радиальных однорядных подшипников. Данные подшипники были установлены в распор [1].

В работе [4] обращено внимание на особенности функционирования подшипников качения в узлах механических приводов. Авторами был предложен расчет коэффициента трения при качении со скольжением в масляной среде на экспериментально-теоретической зависимости. Вывод по этой работе такой, условия работы подшипника качения внутри одного и того же редуктора могут существенно различаться.

На работу подшипников влияют следующие факторы [6]: температура, нагрузка, скорость вращения, смазка.

Результаты исследования. Изучая известные источники о применении подшипников качения, можно разделить их на две группы условно и

подшипниковые узлы в одном случае будут являться опорными, а в другом случае силовыми [5, 8, 7]. Силовые узлы – это механические передачи, через которые проходит поток механической энергии с преобразованием части этой энергии в тепло или вибрации. Опорные узлы – это различные типы подшипников, в которых в процессе трения также поглощается механическая энергия.

Применяемость подшипников качения представлена на рисунке 2.



Рис. 2 – Применяемость подшипников качения

Выводы: Резюмируя все вышесказанное, можно заключить, что условия эксплуатации определяются рядом факторов, среди которых температура, нагрузка, скорость вращения и наличие смазки. Было разработано условное разделение на опорные и силовые узлы в зависимости от применения подшипника. На основании этого разработана классификация применяемости подшипников качения, которая определяет режимы восприятия нагрузок подшипниками.

Библиографический список

1. Кириловский, В. В. Теоретическое обоснование новых особенностей работы подшипников качения в условиях комбинированного нагружения / В. В.

Кириловский, Ю. В. Белоусов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. – 2021. – Т. 22, № 2. – С. 184-195.

2. Ли, Р. И. Условия передачи нагрузки на боковые тела качения в подшипнике с клеевым соединением "вал-подшипник" / Р. И. Ли, М. М. Кузнецов // Наука в центральной России. – 2013. – № 4. – С. 21-25.

3. Ортиков, М. Н. Динамика подшипников качения при натяге тел качения / М. Н. Ортиков // Автоматизированное проектирование в машиностроении. – 2015. – № 3. – С. 32-33.

4. Санюкевич, Ф. М. Особенности работы подшипников качения в узлах механических приводов / Ф. М. Санюкевич, С. В. Монтик // Вестник Брестского государственного технического университета. Машиностроение. – 2018. – № 4(112). – С. 22-25.

5. Серегин, А. А. Совершенствование опор качения главной передачи ведущих мостов тракторов "Кировец" / А. А. Серегин, Е. П. Тимашов, А. Е. Гриценко // Вестник аграрной науки Дона. – 2021. – № 3(55). – С. 14-23.

6. Тимашов, Е. П. Алгоритм верификации аналитических моделей температуры в зоне трения подшипниковых узлов / Е. П. Тимашов, В. И. Вергун // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2022. – № 4(36). – С. 69-73.

7. Тимашов, Е. П. Моделирование температурного режима подшипникового узла карданного шарнира / Е. П. Тимашов // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2019. – № 2(22). – С. 87-100.

8. Тимашов, Е. П. Проблемы развития технологии цифровой диагностики механических трансмиссий / Е. П. Тимашов // Высокоэффективные технологии в агропромышленном комплексе: Сборник материалов III Всероссийской НПК с международным участием, посвященной 285-летию со дня рождения Болотова Андрея Тимофеевича. – Елец: Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 2023. – С. 179-181.

9. Тимашов, Е. П. Результаты экспертной оценки надежности автомобилей, их агрегатов и узлов / Е. П. Тимашов // Индустрия туризма и сервиса на пути инновационного развития: Материалы МНПК и НМК, Белгород, 29 марта 2018 года. – Белгород: Белгородский университет кооперации, экономики и права, 2018. – С. 122-130.

10. Пастухов, А. Г. Исследование напряжённо-деформированного состояния деталей модернизируемых узлов трансмиссий различных машин / А. Г. Пастухов, Е. П. Тимашов, И. Н. Кравченко // Строительные и дорожные машины. – 2015. – № 8. – С. 20-26.

УДК 631.3

ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА В АПК

Голиков Д. И., студент,

Научный руководитель: Перевозчикова Н. В., к.т.н., доцент

*Российский государственный аграрный университет – МСХА имени
К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ*

Аннотация. В статье обоснована необходимость использования интеллектуализации технического сервиса в АПК путём внедрения систем мониторинга, диагностики и прогнозирования.

Ключевые слова: интеллектуализация, технический сервис, мониторинг, диагностика.

Следует отметить, что термин "интеллектуализация" появился совсем недавно. Это означает постепенное внедрение компонентов с интеллектуальной собственностью в технические объекты и системы, а также различные технологии. Сегодня интеллектуализация наблюдается повсюду, от детских игрушек и техники для дома до сложнейших технологических комплексов, таких как аэрокосмическая промышленность, включая технические службы.

Концепция «интеллектуального» технического обслуживания отличается от планового ТО, тем, что основывается на необходимости поддержания техники в рабочем состоянии, а не зависит от заранее составленного плана или графика. Ее цель состоит в том, чтобы сократить расходы на содержание и обслуживание транспортных средств [1-3].

Такая стратегия техобслуживания возможна благодаря характеристике, диагностике и прогнозированию работы машин и комплексов на основе показаний встроенных датчиков и измерений при помощи портативного оборудования.

В первое время работы по «интеллектуальному» техобслуживанию фокусировались в основном в области вооруженных сил, которые разрабатывали бортовые системы для самолетов, боевых автомобилей и тактических колёсных машин. Однако, вскоре оно получило более широкое распространение, ведь стремление сократить затраты на эксплуатацию и обслуживание свойственно всем отраслям народного хозяйства, которые зависят от комплексного оборудования.

Все чаще технологическая машина оснащается интеллектуальными блоками управления, системами с внутренними диагностическими средствами, которые контролируют обслуживаемые датчики и процессы. Вся нештатная

информация записывается в памяти контроллера и хранится там до её извлечения. Для получения информации с блоков управления во всем мире используют диагностические сканеры и системы, которые способны самостоятельно без участия человека, просканировать систему, провести все нужные тесты и выдать список неисправностей для дальнейшего их устранения.

Одной из таких систем является «Система мониторинга» – эта технология тесно связана с датчиками для мониторинга состояния и работы систем. Применение может быть самым разнообразным: двигатели, электроника, промышленное оборудование, производственные процессы, даже другие программные средства.

Современные тракторы и комбайны (как зерно- так и кормоуборочные) снабжены десятками датчиков для контроля и мониторинга многочисленных подсистем, что делает их идеальными кандидатами на оснащение интеллектуальной «системой прогнозирования и управления состоянием» [4-5].

Одним из направлений «интеллектуализации» может стать пример компании JohnDeer, которая делает ставку на сокращения сроков поставки комплектующих заказчику. Все региональные сервисные центры имеют собственные склады запчастей и расходных материалов, которые объединены в единую программную сеть, при помощи которой требуемые запасные части отгружаются клиентам в течение рабочего дня после обращения, а при отсутствии требуемой запчасти на складе – в течение 5–7 рабочих дней.

Следующий пример «интеллектуализации», связанный с восстановлением узлов и деталей. На производстве действуют интеллектуальные станки с ЧПУ, способные самостоятельно восстанавливать рабочие поверхности узлов и деталей, которые до недавнего времени считались трудно восстанавливаемыми или вообще не восстанавливаемыми, например, горизонтальные обрабатывающие центры серии «НМ-630» фирмы Manford.

Немаловажную роль играет вопрос подготовки высококвалифицированных кадров, где появляются «интеллектуальные» помощники. Крупные компании создают образовательные центры с использованием самого современного оборудования, например, симуляторов, так же создаются учебные классы, где в течение 3-х месяцев происходит обучение дилеров, менеджеров, механиков и т.д.

Компания BMW ведет разработки программы Augmented Reality: The Extension Of Reality. Среди используемых технологий – очки с дополненной реальностью, играющие роль интерактивного помощника.

В техническом сервисе данные очки используются в следующем качестве: посмотрев на любую модель BMW в таких очках, механик как будто рентгеновским взглядом видит конструкцию с основными узлами и агрегатами

без кузовной оболочки, программное обеспечение сразу отобразит на экране все узлы и пошаговые инструкции ремонта или замены проблемного агрегата.

Очевидно, что необходимым условием качественного управления техническим состоянием современной техники, а также её эффективного использования становится электронная сервисная информация. Большой объём технической информации, и высокая скорость обновления сервисных данных требуют регулярной связи с заводами-производителями. Реализация данной потребности возможна только путём использования «облачных» IT технологий, предоставления интерактивных инструментов донесения сервисной информации до сервисных инженеров и механиков на местах. Многие производители уже используют Smart-технологии при разработке руководства по эксплуатации или техобслуживанию машины, что позволяет через планшет или виртуальные очки видеть обслуживаемый узел в разрезе, выводить на экран места расположения крепёжных элементов или диагностических разъёмов с наложением на текущее изображение объекта.

Наличие электронного управления агрегатами и узлами, как и всей машиной в целом, представляет принципиально новые возможности для оптимизации режимов их работы. Для обеспечения безотказной и стабильной работы узлов и агрегатов с электронным управлением их ремонт рекомендуется проводить двумя условными видами регулировки: «Механической» и «Электронной». «Механическая» регулировка обеспечивается в процессе её технического обслуживания соблюдением контрольных размерных параметров, заданными предварительным натягом пружин, моментами затяжки элементов узлов и пр. «Электронная» регулировка предусматривает изменение или корректировку данных, прописанных в программе блока управления.

В целом, в техническом сервисе тракторов и машин при использовании интернет - технологий могут обеспечиваться в ином формате новые функциональные качества:

- мониторинг текущего состояния машины и показателей её работы по выполняемой операции, передача данных о движении, местонахождении и пр.;

- мобильный сервис: автоматическое оповещение о неисправности, услуги служб технической поддержки, удаленная диагностика и помощь при возникновении неисправностей;

- дистанционное тестирование агрегатов и систем машины через Internet по онлайн связи в соответствии с назначенным заводом фирмы-изготовителя машин протоколом испытаний на стационарных стендах в специализированных мастерских;

- использование ресурсов встроенного интернета: настройка функционала смартфонов через подключение электронных устройств к сети, что позволяет без

участия операторов (водителей) обмениваться данными между собой для согласования совместной работы;

- настройка и дистанционное управление охранными системами, средствами тепловой подготовки, климат-контролем, системами видеофиксации и другими устройствами комфорт-электроники.

Программа «интеллектуального» технического обслуживания, в отличие от планового ТО, позволит менять детали не так часто, что также продлит срок эксплуатации машины и сократит количество поломок и незапланированных ремонтов.

В заключение хотелось бы отметить, что внедрение интеллектуальных технологий не стоит на месте. В дальнейшем применение инноваций, как в само диагностирование, так и в обучение, будет только увеличиваться, будут применяться новые методы для разборки и восстановления деталей [6]. Уже сейчас тестируются и проводятся испытания беспилотных автомобилей и роботизированных систем, способных полностью заменить деятельность человека.

Библиографический список

1. Витол Э. А. Интеллектуализация техники – главный вектор современной эволюции [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://docviewer.yandex.ru/view/58032475/?*

2. Скворцов Е. А., Скворцова Е. Г., Санду И. С., Иовлев Г. А. Переход сельского хозяйства к цифровым, интеллектуальным и роботизированным технологиям // Экономика региона. 2018. Т. 14. № 3. С. 1014-1028.

3. Скворцов Е. А., Иовлев Г. А., Скворцова Е. Г., Орешкин А. А. Эффективность трудосберегающих инноваций в сельском хозяйстве на примере робота-подравнителя кормов // Аграрный вестник Урала. 2016. № 9 (151). С. 82-88

4. Габитов И. И., Неговора А. В., Федоренко В. Ф. Интеллектуализация технического сервиса топливоподающих систем дизелей: науч. изд. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018.

5. Журилин А. Н. Тенденции развития технического сервиса современной сельскохозяйственной техники // Наука без границ. 2017. № 1 (6). С. 11-15.

6. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – Москва : ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с. – ISBN 978-5-6049928-2-1.

УДК 631.3
**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ РЕМОНТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ
НЕГАБАРИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ КРАНОВ**

Дедюлин В. Л., студент,

Корсаков Н. А., магистрант

Научный руководитель: Севрюгина Н. С., д.т.н., доцент

*Российский государственный аграрный университет – МСХА имени
К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ*

Аннотация. Дано обоснование разработки современного гаражного оборудования с применением цифровых систем моделирования и интеллектуальным управлением, на примере стенда для разборки негабаритных металлоконструкций автомобильного крана.

Ключевые слова: металлоконструкции, автокран, разборка, стенд, интеллектуализация, моделирование.

По данным Росстата, в июне 2023 года объем работ, выполненных по виду деятельности «Строительство», вырос на 10% по сравнению с аналогичным показателем июня 2022 года (в сопоставимых ценах).

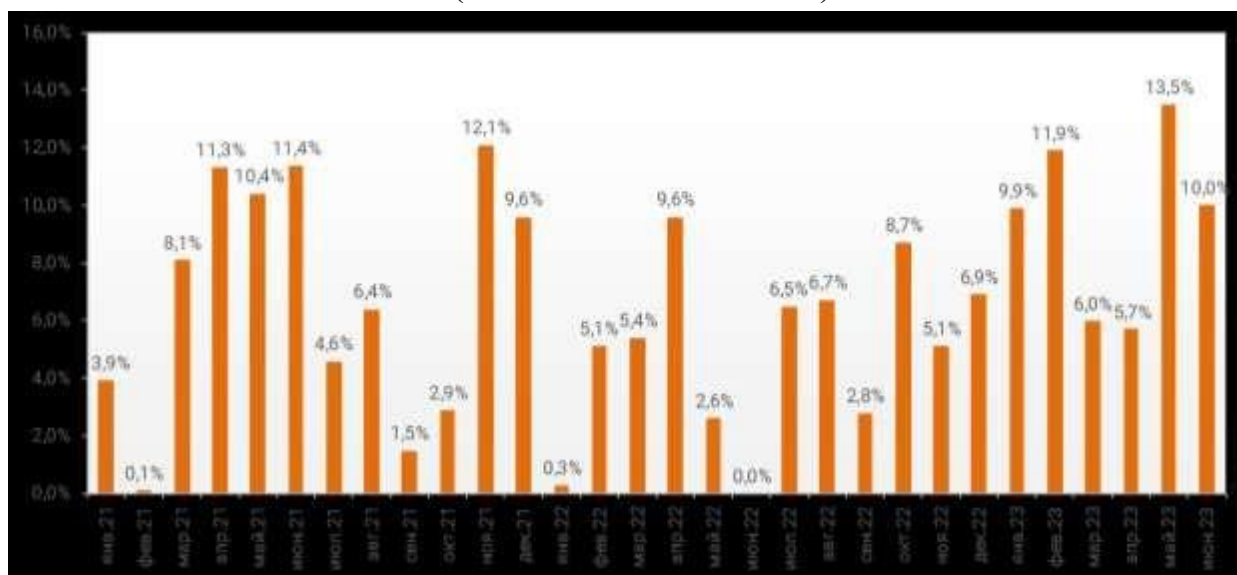


Рис. 1 – Динамика роста объема работ в строительстве

Одним из основных средств механизации являются крановые механизмы, также и автомобильные.

Подъемно-транспортные машины играют важную роль в различных отраслях, таких как строительство, грузоперевозки, нефтегазовая промышленность и др. Автокран является неотъемлемым атрибутом любого

строительного процесса. Эта техника позволяет поднимать, загружать и выгружать строительные материалы на высоту. Простой техники из-за отказов кранового оборудования вызывают не только экономические потери, но и зачастую возникновение опасных ситуаций.

Вопрос о качестве выполнения работ строительства в полной мере зависит от надежности техники, которую обеспечивают сервисные организации.

Дополнительно следует отметить, что в настоящее время используются автокраны с достаточно длительным сроком эксплуатации, которым требуется капитальный ремонт, а в большинстве случаев даже модернизация металлоконструкций. В свою очередь для выполнения этих работ сервисы должны использовать специальное оборудование [1-3].

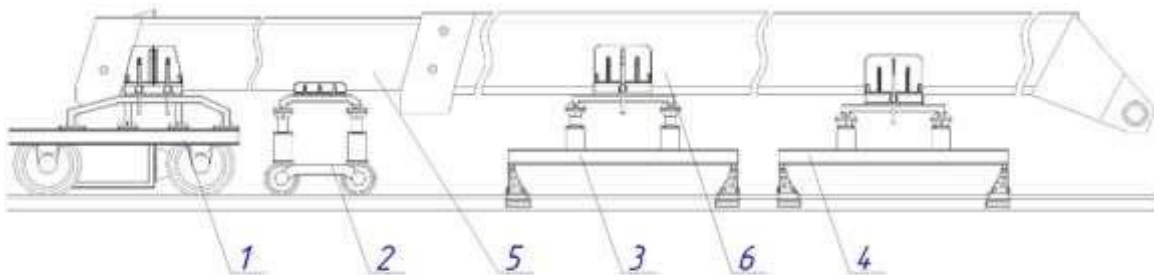
Предлагается с учетом имеющихся инновационных разработок повысить качество и снизить продолжительность ремонтных работ металлоконструкций кранового оборудования путём включения в процесс интеллектуальных систем.

Основным элементом подъемно-транспортных машин является стреловое оборудование. Поворотная часть автокрана предназначена для погрузки и разгрузки строительных, сельскохозяйственных, промышленных и других грузов, в том числе на необорудованных для этих целей площадках. Наличие различного рода дефектов в стреловом оборудовании приводит к снижению эффективности и безопасности ПТМ. В случае игнорирования проблемы технологическая машина может быть выведена из строя, что может привести к серьезным экономическим издержкам. Крайне важно своевременно поддерживать нормальное состояние стрелы автокрана.

В настоящее время отсутствует современное специальное ремонтное оборудование, позволяющее качественно и быстро выполнять восстановительные работы металлоконструкций.

Решением данной проблемы может стать роботизированное ремонтное оборудование с возможностью автоматизации процесса разборки и сборки и проведения диагностики. Диагностика стрелового оборудования автокрана может значительно снизить интенсивность износа, тем самым увеличив срок службы ПТМ [4, 5].

Предлагается конструкция роботизированного стенда для ремонта стрелы автокрана позволит автоматизировать и ускорить процесс ремонта, снизить риски ошибок и повысить качество выполняемых работ (рис.2).



1 - основная роботизированная тележка; 2 – поддерживающая тележка;
3, 4 – домкратные стойки; 5, 6 – секции стрелы

Рис. 2 - 3 D макет роботизированного стенд для ремонта стрелы автокрана

Ремонтное оборудование включает разработанную раму самодвижущейся тележки. Опорная часть и зажимное устройство разрабатывались специально для удобного захвата стрел с использованием интеллектуальной системе поддержания устойчивости через гироскопический выравнивающий модуль [6].

Роботизированный стенд для ремонта стрелы автокрана может иметь следующие особенности:

- *Автоматическая подача стрелы:* Стенд может быть оборудован с помощью системы подкачки, которая автоматически устанавливает и фиксирует стрелу в нужном положении для ремонта.

- *Роботизированная система диагностики:* Стенд может быть оснащен датчиками, которые позволяют сканировать и анализировать состояние стрелы. Роботизированная система может определить наличие дефектов, трещин или иных повреждений, а также рекомендовать наиболее эффективные способы ремонта.

- *Роботизированный инструментальный стол:* Стенд может включать в себя инструментальный стол, на котором будут располагаться необходимые инструменты и оборудование для ремонта стрелы. Робот может автоматически выбирать и использовать нужный инструмент, снижая ручной труд и ускоряя процесс ремонта.

- *Система управления и мониторинга:* Стенд может быть управляем с помощью централизованной системы, которая позволяет мониторить и контролировать все операции ремонта. Оператор может наблюдать за процессом на компьютерном экране, получать уведомления о возникших проблемах или своевременно принимать решения.

Уникальность предлагаемой технологии заключается в разработке роботизированного ремонтного оборудования, которое позволит безопасно и эффективно производить ремонт секций стрелы автокрана с последующей диагностикой. Данная разработка позволит продлить срок службы с сохранением эффективности функционирования при эксплуатации.

Библиографический список

1. Богомолов, А. А. Вариационная трактовка жизненного цикла технических систем / А. А. Богомолов, Н. С. Севрюгина // Строительные и дорожные машины. – 2010. – № 10. – С. 48-52. – EDN QZCJPH.

2. Севрюгина, Н. С. Инфографическая модель комплексной безопасности транспортных и технологических машин / Н. С. Севрюгина // Безопасность труда в промышленности. – 2011. – № 6. – С. 72-74. – EDN NVVNFL.

3. Севрюгина, Н. С. Эффективность выбора средств механизации строительных и специальных строительных работ / Н. С. Севрюгина, П. Д. Капырин // Механизация строительства. – 2017. – Т. 78, № 11. – С. 59-64. – EDN ZSHNHP.

4. Голубев, И. Г. Перспективные направления цифровизации инженерной сферы АПК / И. Г. Голубев, А. С. Апатенко, Н. С. Севрюгина // Перспективные направления рационального землепользования и цифровизация земледелия : Сборник докладов VII Международной научно-практической конференции, посвященной 300-летию Российской академии наук, Курск, 02–04 октября 2023 года. – Курск: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Курский федеральный аграрный научный центр", 2023. – С. 54-57.

5. Индустрия 4.0 при оптимизации сервисной сферы поддержания работоспособного состояния транспортных и технологических машин / Н. С. Севрюгина, А. С. Апатенко, Н. И. Владимирова, А. В. Архипов // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2023. – № 10. – С. 15-21. – DOI 10.31044/1684-2561-2023-0-10-15-21.

6. Перспективные направления цифровизации в сфере технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники / И. Г. Голубев, В. В. Быков, М. И. Голубев [и др.] // Технический сервис машин. – 2023. – Т. 61, № 4(153). – С. 18-25. – DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-4-18-25.

7. Мечиев, А. В. Общеметодологический подход к оценке риска обеспечения конструктивной безопасности лифтов / А. В. Мечиев, Н. С. Севрюгина, М. А. Степанов // Механизация строительства. – 2017. – Т. 78, № 4. – С. 24-29. – EDN YHZHNX.

УДК 678.7-1

ОРГАНИЗАЦИЯ СЛУЖБЫ ТО И РЕМОНТА НА МЕСТЕ РАБОТЫ МАШИН

Забабурина Е. С., магистрантка

Научный руководитель: Апатенко А. С., д.т.н., зав. кафедрой

*Российский государственный аграрный университет – МСХА имени
К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ*

Аннотация: Рассмотрены методы планирования, важность квалификации персонала, а также влияние современных технологий на эффективность и производительность ТО и Р. Результаты исследования подчеркивают значимость системного подхода и профессиональной компетенции, а также применение инновационных подходов в повышении эффективности обслуживания и ремонта.

Ключевые слов: техническое обслуживание, ремонт машин, планирование, квалификация, технологии, эффективность.

Введение. На сегодняшний день автомобиль является одним из самых популярных средств перемещения. Несомненно, автотранспорт имеет как, огромное количество преимуществ так и множество недостатков. Одним из них является необходимость проведения технического обслуживания и замены основных эксплуатационных жидкостей [1-3].

Целью данной статьи является изучение и анализ организации службы технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) на месте работы машин.

Материалы и методы исследования. Исследование базируется на сборе и анализе данных с нескольких крупных промышленных предприятий.

Применялись следующие методы: анализ рабочих инструкций, планов ТО и ремонтных работ, наблюдение за процессами ТО и ремонтных работ на местах.

Техническое обслуживание и ремонт машин - это критически важные аспекты, обеспечивающие эффективную и безопасную работу механизмов во всех сферах деятельности [4]. Это включает в себя регулярные проверки, профилактику неисправностей, а также восстановление функциональности оборудования после выхода из строя. Цель таких мероприятий - минимизировать время простоя, продлить срок службы оборудования и обеспечить безопасность персонала и конечных пользователей.

В различных отраслях, будь то производство, транспорт, строительство или сельское хозяйство, техническое обслуживание и ремонт играют ключевую роль. В производственной сфере, например, регулярное обслуживание помогает поддерживать непрерывность производственных линий, в то время как в секторе транспорта это обеспечивает безопасность и надежность транспортных средств. В строительстве и сельском хозяйстве, где оборудование часто подвергается интенсивным нагрузкам, техническое обслуживание и ремонт необходимы для предотвращения внезапных отказов и снижения риска несчастных случаев [5].

Таким образом, службы технического обслуживания и ремонта играют центральную роль в поддержании эффективности и безопасности в широком спектре отраслей, что делает их незаменимыми для современного общества.

Организация службы технического обслуживания и ремонта (ТОиР) играет ключевую роль в обеспечении надежности и эффективности работы оборудования в различных отраслях. Правильно структурированная и эффективно функционирующая служба ТОиР может значительно повысить производительность и сократить расходы на оборудование за счет предотвращения серьезных поломок и длительных простоев.

Эффективно организованная служба ТО и ремонта является ключевым элементом успешной и бесперебойной работы любого предприятия, гарантируя долгосрочную эксплуатацию оборудования и повышение общей производительности.

Использование программного обеспечения для управления ТО и ремонтом [6]:

1. Автоматизация процессов. Современные программные решения позволяют автоматизировать многие аспекты планирования и управления ТО и ремонтом. Это включает в себя создание графиков обслуживания, отслеживание выполнения работ, управление запасами запчастей и материалов.

2. Интеграция данных. Программное обеспечение обеспечивает централизацию всех данных, связанных с ТО и ремонтом. Это упрощает доступ

к информации о состоянии оборудования, истории проведенных работ, запланированных мероприятиях и необходимых ресурсах.

3. Аналитика и отчетность. Системы управления ТО и ремонтом часто включают функционал для анализа данных и подготовки отчетов. Это позволяет оценивать эффективность проведенных работ, определять области для улучшения и планировать бюджеты.

4. Мобильность и доступность. Многие современные программы предлагают мобильные приложения или облачные решения, что дает возможность управлять процессами ТО и ремонта в реальном времени, даже находясь вне офиса.

5. Поддержка принятия решений. Интегрированные аналитические инструменты помогают в принятии обоснованных решений по управлению обслуживанием и ремонтом, опираясь на точные данные и прогнозы.

Итак, эффективное планирование и управление процессом технического обслуживания и ремонта требуют применения оптимальных методов планирования и современных программных решений. Это обеспечивает повышение надежности оборудования, оптимизацию затрат и улучшение общей эффективности работы предприятия.

Новые технологии в области ТО и ремонта [7]:

1. Интернет вещей (IoT) и Большие данные. С помощью IoT, оборудование может непрерывно передавать данные о своем состоянии, что позволяет оперативно выявлять потребность в обслуживании или ремонте. Анализ больших данных помогает в прогнозировании отказов и планировании обслуживания.

2. Искусственный интеллект и Машинное обучение. Эти технологии способствуют автоматизации процессов диагностики и определения оптимальных стратегий обслуживания, учитывая исторические данные и текущие показатели работы оборудования.

3. Дополненная и Виртуальная реальность. Применение AR и VR в обучении персонала и визуализации сложных процессов ТО и ремонта позволяет повысить качество и скорость работы, а также безопасность персонала.

4. Автоматизированные и роботизированные системы. Использование автоматизированных систем и роботов для выполнения определенных видов работ, особенно в опасных или труднодоступных условиях.

Исследование показало, что ключевыми факторами успешной организации службы ТО и ремонта являются:- Эффективное планирование обслуживания и ремонта, а также своевременное обеспечение запасными частями и материалами, значительно сокращает время простоя.- Высокий уровень профессионализма и обучения сотрудников напрямую влияет на

качество и скорость выполнения работ.- Использование автоматизированных систем управления, диагностических инструментов и инновационных методов обслуживания повышает эффективность работы службы.- Регулярное и своевременное обслуживание предотвращает большинство поломок и сбоев в работе.- Постоянный анализ данных о состоянии оборудования и внедрение улучшений в процессы ТО и ремонта способствуют повышению общей производительности.

Заключение. Организация службы ТО и ремонта на месте работы машин – это комплексная задача, требующая системного подхода, профессиональной компетенции и применения передовых технологий. Результаты данного исследования подчеркивают важность планирования, квалификации персонала и инновационных подходов в повышении эффективности обслуживания и ремонта, что в итоге способствует увеличению производительности и снижению операционных рисков на предприятиях.

Библиографический список

1. Апатенко, А. С. Формирование сервиса технологических машин в региональном водохозяйственном комплексе / А. С. Апатенко, Н. С. Севрюгина // Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях : Материалы VII Международной научно-практической конференции, Саратов, 17–19 марта 2020 года. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2020. – С. 43-48.
2. Апатенко, А. С. Совершенствование элементов топливной системы дизельного двигателя при использовании биотоплива / А. С. Апатенко, И. И. Руденко // Чтения академика В. Н. Болтинского : Сборник статей, Москва, 25–26 января 2023 года. – Москва: ООО «Сам Полиграфист», 2023. – С. 266-271.
3. Апатенко, А. С. Техническое диагностирование и цифровой контроль состояния транспортных и технологических средств / А. С. Апатенко, Н. С. Севрюгина, М. И. Голубев. – Москва : ООО "Издательство "Спутник+", 2021. – 172 с. – ISBN 978-5-9973-5993-5.
4. Системно-целевой метод формирования сервисных центров обслуживания объектов мелиоративных комплексов и систем / Н. С. Севрюгина, А. С. Апатенко, А. В. Панин, И. Г. Голубев // Техника и оборудование для села. – 2021. – № 1(283). – С. 30-33. – DOI 10.33267/2072-9642-2021-1-30-33.
5. Апатенко, А. С. Исследование причин технических отказов агрегатов и их элементов / А. С. Апатенко, Н. И. Владимирова // Актуальные вопросы эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов : Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции, Химки, 19–20 декабря 2022 года. – Химки: Академия гражданской защиты, 2022. – С. 81-86.

6. Индустрия 4.0 при оптимизации сервисной сферы поддержания работоспособного состояния транспортных и технологических машин / Н. С. Севрюгина, А. С. Апатенко, Н. И. Владимирова, А. В. Архипов // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2023. – № 10. – С. 15-21.

7. Системы телеметрии и мониторинга сельскохозяйственной техники : Аналитический обзор / И. Г. Голубев, Н. П. Мишуров, В. Я. Гольдяпин [и др.]. – Москва : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2020. – 76 с.

УДК 631.173/.372

ДИАГНОСТИКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА

Занько М. А., магистрант

Научный руководитель: Гузалов А. С., к.т.н., доцент,

*Российский государственный аграрный университет – МСХА имени
К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ*

Аннотация. В данной работе используется методология структурного анализа на основе модели для достижения эффективного проектирования системы обнаружения и идентификации неисправностей. Анализ включает в себя пять основных этапов структурного анализа, применяемых к ABS, которые включают анализ критических неисправностей, моделирование неисправностей, анализ обнаруживаемости неисправностей и анализ изолируемости неисправностей, выбор минимальных конструктивных избыточных параметров.

Ключевые слова: техническое обслуживание, диагностика неисправностей, антиблокировочная тормозная система, структурный анализ.

Технологии стремительно совершенствуются с каждым днем, поэтому неудивительно, что инновации транспортного сектора доходят и до нас очень скоро. Сравнивая автомобили, выпущенные 20-25 лет назад, с современными, мы обнаруживаем значительные различия в аспектах комфорта, экономичности, функциональности, надежности и, в частности, аспекте безопасности. Очень большое внимание уделяется системам пассивной и активной безопасности транспортных средств. Системы активной безопасности помогают избежать дорожно-транспортного происшествия, а системы пассивной безопасности

защищают пассажиров и водителей от травм при возникновении дорожно-транспортного происшествия.

Структурный анализ (СА) – это своего рода метод, основанный на модели, который также опирается на математическую модель системы. Ее достоинством является выполнение быстрого и эффективного анализа обнаруживаемости неисправностей (ОН) и изолируемости неисправностей (ИН) в отношении возможных неисправностей в системе, определение степени ОН и ИН путем определения расположения датчиков и получение практической конструктивной схемы системы. На рисунке 1 представлены основные этапы применения структурного анализа.

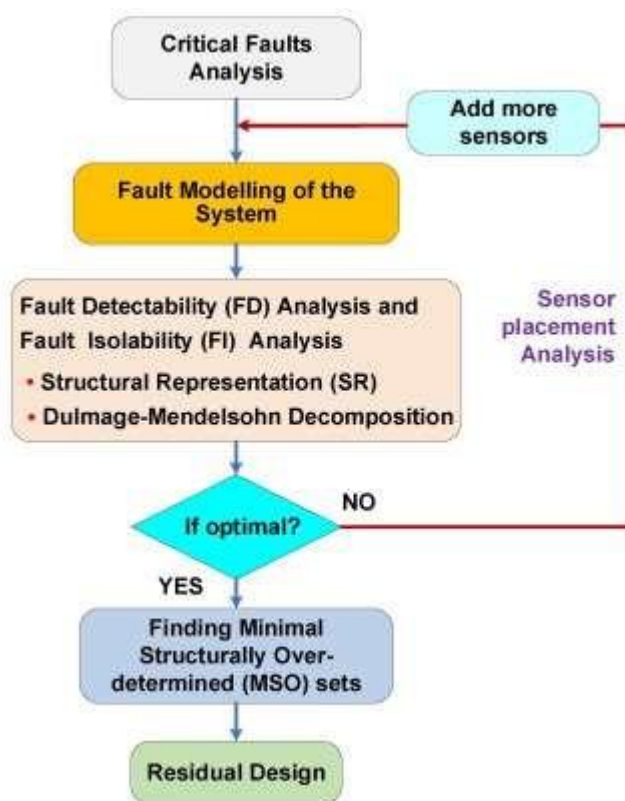


Рис. 1 – Основные этапы структурного анализа (СА).

Анализ литературных источников по диагностике неисправностей транспортных средств подразделяется на четыре категории – основанные на моделях, сигналах, знаниях или гибридных / активных подходах в соответствии с исследованиями [1,2]. Что касается подходов, основанных на модели, то обычно используются уравнения адекватности и достоверности [2] для их хорошей адаптации как к линейным, так и к нелинейным системам. Например, диагностика неисправностей на основе соотношения адекватности (по отношению к эталонным параметрам) применяется в автомобильных двигателях, системе подвески и системе рулевого управления с гидроусилителем. Что касается методов, основанных на сигналах, то существует также много

исследований транспортных средств, таких как диагностика неисправностей с помощью цифрового сигнального процессора, зазора клапанов двигателя по сигналу вибрации [3], диагностика неисправностей двигателей внутреннего сгорания и гидравлической тормозной системы автомобиля [2,3] по сигналам виброускорения.

Основанная на знаниях методология широко используется при диагностике систем транспортных средств, таких как автомобильный двигатель [3,4], диагностика неисправностей тормозов, литий-ионных аккумуляторных батарей электромобилей и кузова автомобиля [5].

Антиблокировочная тормозная система (ABS) является одним из ключевых компонентов повышения активной безопасности транспортных средств, которая состоит из электронного блока управления, датчика давления в тормозной системе, датчика угловой скорости колеса и др. Структура ABS показана на рисунке 2.



Рис. 2 – Структурная схема системы ABS.

Когда автомобиль тормозит на дорогах со снегом и льдом, тормозное усилие превысит способность сцепления, которую может выдержать дорога. Как следствие, катящиеся колеса имеют тенденцию проскальзывать на дороге и даже блокироваться. Функция ABS заключается в предотвращении возникновения этого явления путем регулирования тормозного усилия в соответствии с оценкой скорости скольжения в режиме реального времени датчиком угловой скорости колеса и датчиком скорости автомобиля [6].

На основе функционального анализа и соответствующих отчетов об опасностях [7], касающихся ABS, в системе имеется несколько критических

неисправностей, таких как «утечка тормозной жидкости в соленоиде», «ошибка датчика скорости скольжения», «внутренняя ошибка электрического блока управления», «неопределенность датчика скорости автомобиля» и «неисправность датчика угловой скорости колеса». Среди этих 5 неисправностей первые три – утечка тормозной жидкости в соленоиде, ошибка датчика скорости скольжения и неисправность ЭБУ – трудно поддаются восприятию и могут представлять серьезную опасность для ABS, даже приводя к аварийным ситуациям. Это и определяет дальнейшую работу исследования, заключающуюся в разработке модели, достоверно определяющей неисправности тормозной системы, в частности касающихся ABS.

Библиографический список

1. К вопросу об обеспечении безопасности транспортных процессов в АПК / О.П. Андреев, В.Г. Тихненко, А.С. Гузалов, А.В. Куриленко // Наука, образование и бизнес: новый взгляд или стратегия интеграционного взаимодействия: Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения первого Президента Кабардино-Балкарской Республики Валерия Мухамедовича Кокова, Нальчик, 14–15 октября 2021 года. Том Часть 2. – г. Нальчик: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова", 2021. – С. 212-216.
2. Чечет, В.А. Анализ причин отказов тракторных дизелей / В.А. Чечет, В.С. Визир, А.В. Куриленко // Чтения академика В.Н. Болтинского, Москва, 25–26 января 2022 года. Том Часть 2. – Москва: ООО «Сам полиграфист», 2022. – С. 273-278.
3. Чечет, В.А. Методы диагностирования неисправностей тракторных дизелей / В.А. Чечет, В.С. Визир, А.В. Куриленко // Чтения академика В.Н. Болтинского, Москва, 25–26 января 2022 года. Том Часть 2. – Москва: ООО «Сам полиграфист», 2022. – С. 268-272.
4. Работоспособность технических систем : Учебник для ВУЗов по изучению дисциплины / С.К. Тойгамбаев, О.Н. Дидманидзе, А.С. Апатенко [и др.]. – Москва : Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – 379 с.
5. Тойгамбаев, С.К. Перспективы развития технического уровня отечественных тракторов / С.К. Тойгамбаев, А.С. Гузалов, А.В. Куриленко // Наука, образование и бизнес: новый взгляд или стратегия интеграционного взаимодействия: Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения

первого Президента Кабардино-Балкарской Республики Валерия Мухамедовича Кокова, Нальчик, 14–15 октября 2021 года. Том Часть 2. – г. Нальчик: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова", 2021. – С. 347-350.

6. Пуляев, Н.Н. Цифровизация в современных станциях технического обслуживания / Н.Н. Пуляев, А.В. Куриленко, У.Н. Шакзада // Наука без границ. – 2021. – № 4(56). – С. 57-61.

7. Модернизация технологических машин как механизм продления назначенных ресурса и срока службы / И. Г. Голубев, Н. С. Севрюгина, А. С. Апатенко, А. Ю. Фомин // Вестник машиностроения. – 2023. – № 1. – С. 36-41.

УДК 631.311.8

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ЛЫЖНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ МОТОБУКСИРОВЩИКА

Иванов А. А., к.т.н., зав. кафедрой технической эксплуатации автомобилей

Бикбулатова Ю. Д., студент

Красавин И., студент,

Тверская ГСХА, г. Тверь, РФ

Аннотация. В статье предложена конструкция лыжного модуля с оптимальными параметрами для эксплуатации в заданных условиях. Преимуществом которой является простота и высокий КПД, ввиду отсутствия промежуточных элементов.

Ключевые слова: лыжный модуль, мотобуксировщик, амортизатор, подвеска.

Одной из задач разработки лыжного модуля является развитие идеи подготовки тракториста-машиниста по категории А1 на кафедре ТТМиК ФГБОУ ВО Тверская ГСХА.

Снегоход сегодня - достаточно распространенный вид транспорта, активно используемый в местах, где выпадает большое количество снега. Он представляет собой транспортное средство, позволяющее свободно передвигаться по снегу и льду. Движение происходит за счет широких гусениц, а управляется снегоход парой лыжных полозьев, находящихся спереди [1].

Однако, высокая стоимость снегохода и его содержания смещает спрос основной массы потребителей в сторону мотобуксировщиков («мотособаки») -

это механическое транспортное средство, представляющее собой сцепку из буксировщика на гусеничном ходу, сцепленного с санями или санями-волокушами. Водитель и полезный груз размещается в санях или в волокушах. Некоторые модели мотобуксировщиков могут иметь грузовую площадку непосредственно на самом тягаче.

Лыжный модуль - это металлическая рама с сиденьем, поддрессоренными лыжами и рулем, которая крепится к мотобуксировщику. Установка лыжного модуля на мотобуксировщик позволяет преобразовать его в мини-снегоход. Преимущества установки лыжного модуля следующие: увеличение вместимости саней-волокуш, увеличение скорости мотобуксировщика, удобство управления, лучший контакт лыж и гусеницы с поверхностью и уменьшение расхода топлива за счет правильного распределения веса. За счет широкого расположения лыж увеличивается устойчивость конструкции, что предупреждает перевороты буксировщика [2].

Главным конструктивным плюсом, бесспорно, является универсальность лыжного модуля. Благодаря простому устройству он может быть прикреплен практически к любому мотобуксировщику отечественного или зарубежного производства.

Лыжный модуль состоит из нескольких элементов, каждый из которых важен для обеспечения безопасности и комфорта при движении на высокой скорости на снегу. (Рис. 1)



Рис. 1- Лыжный модуль

Первым элементом является крепление лыжного модуля к передней части мотобуксировщика. Например, это может быть специальная рама, которая крепится к передней части гусеничного модуля, или же крепление напрямую к рулевой колонке.

Наличие специальной рамы. Преимущества: надежное крепление лыжного модуля; равномерное распределение нагрузки на раму; возможность быстрой установки и снятия лыжного модуля. Недостатки: дополнительный вес рамы, который может сказаться на управляемости; необходимость установки специального крепления, что может повлечь за собой дополнительные расходы.

Крепление напрямую к рулевой колонке. Преимущества: минимальный вес и компактность крепления; нет необходимости устанавливать дополнительные элементы. Недостатки: не всегда возможно использовать этот вид крепления, так как конструкция мотобуксировщика может не предусматривать такую возможность; неравномерное распределение нагрузки на рулевую колонку, что может привести к ее износу или повреждению.

Вторым элементом лыжного модуля являются лыжи. Они имеют специальный угол наклона и ребра для улучшения сцепления с поверхностью. Лыжи должны быть изготовлены из прочных материалов, которые не боятся механических повреждений и агрессивной среды. Обычно лыжный модуль для мотобуксировщика имеет две лыжи, но также могут использоваться и одна, три или более лыжи в зависимости от задачи, которую он выполняет.

Третьим элементом лыжного модуля является система крепления лыж к креплению на мотобуксировщике. Она должна обеспечивать надежное крепление лыж и не допускать их отсоединения при движении на высокой скорости. Обычно система крепления состоит из нескольких элементов, таких как специальные зажимы или болты, которые фиксируют лыжи на креплении. Крепление лыж обеспечивает надежную фиксацию лыж и позволяет передавать управляющие команды. Крепление может быть выполнено различными способами, в зависимости от конструкции мотобуксировщика и лыж. Одним из наиболее распространенных способов крепления является использование специальных крепежных элементов, которые устанавливаются на лыжах и соединяются с креплением на гусеничном модуле.

Четвертым элементом является система управления. Она должна быть удобной и эффективной, чтобы контролировать движение мотобуксировщика на скорости и в сложных условиях.

Пятый элемент - это дополнительные элементы, такие как защитные кожухи, которые защищают лыжный модуль от механических повреждений, а также дополнительные фары и сигнальные устройства, которые обеспечивают безопасность при движении в темное время суток или при плохой видимости. Кроме того, могут быть установлены дополнительные элементы для улучшения комфорта при движении, такие как подогрев ручек руля или специальные сиденья. Конструкция сиденья состоит из нескольких основных элементов: рама сиденья, которая крепится к задней части гусеничного модуля.

Также в лыжных модулях используются амортизаторы, которые помогают смягчить удары и вибрации при езде по неровной поверхности. Это позволяет улучшить контроль над модулем и повысить комфортность. Один из наиболее распространенных типов амортизаторов для лыжных модулей - это гидравлические амортизаторы. Они работают на основе принципа гидравлики, где движение жидкости в цилиндре создает силу, которая поглощает удары и вибрации. Гидравлические амортизаторы могут быть одно- или двухтрубными, а также иметь различные настройки жесткости и скорости. Еще один тип амортизаторов для лыжных модулей - это пневматические амортизаторы. Они используют сжатый воздух для поглощения ударов и вибраций. Пневматические амортизаторы могут быть одно- или двухтрубными, а также иметь регулируемые настройки жесткости и скорости. Также существуют эластомерные амортизаторы, которые используют специальные эластичные материалы для поглощения ударов и вибраций. Эластомерные амортизаторы имеют простую конструкцию и не требуют обслуживания, но могут быть менее эффективными по сравнению с гидравлическими или пневматическими амортизаторами.

В целом, лыжный модуль - это инновационная конструкция, которая позволяет улучшить скорость, управляемость и проходимость мотобуксировщика на снегу. Его составляющие должны быть прочными, надежными и эффективными, чтобы обеспечивать безопасность и комфорт при движении на высокой скорости. Для более универсальной конструкции используются лыжные модули с двумя лыжами, с независимой подвеской. Для более удобного управления водитель должен быть размещен сидя, а для комфортного модуль должен быть оснащен амортизаторами. Лыжи для таких модулей обычно имеют большую ширину и длину, чтобы обеспечить максимальную устойчивость и скорость движения. Также могут использоваться специальные дополнительные элементы, такие как крылья, для улучшения аэродинамических характеристик и уменьшения сопротивления воздуха.

Подвеска транспортного средства состоит из четырех основных устройств направляющего, упругого, гасящего и стабилизирующего [3-4]. (Рис. 2)



Рис. 2 - Типы подвесок, классифицированных по различным признакам

Для разрабатываемой конструкции лыжного модуля схема расположения амортизатора следующая - амортизатор крепится к нижнему рычагу на минимальном расстоянии от стойки подвески для уменьшения изгибающих сил, действующих на рычаг и правильного согласования хода амортизатора с ходом подвески. Преимуществом данной схемы является простота и высокий КПД, ввиду отсутствия промежуточных элементов. (Рис. 3)

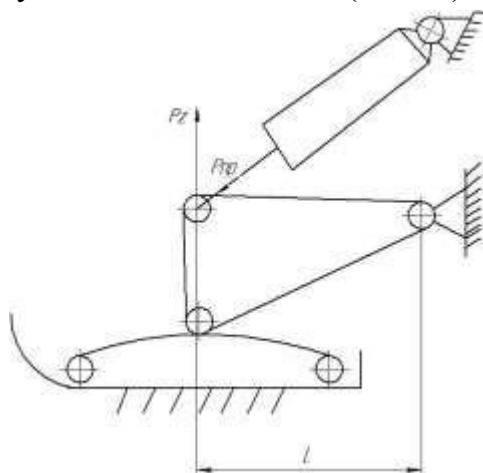


Рис. 3 – Кинематическая схема подвески лыжного модуля

Ход существующих амортизационных стоек находится в пределах от 80-100 мм до 200-250 мм. Подбор пружин для амортизации производят путем расчета. [4]

$$P_n = \frac{Gd|_n}{8D_{ep}^3 n}, \quad (1)$$

где G - модуль сдвига, кг/см (для стали 7000-8000 кг/см);

D_{cp} - средний диаметр пружины, мм;

n - число витков пружины, шт.;

f_n - максимальный прогиб, мм;

d - диаметр проволоки, мм.

Полная длина пружины L_n зависит от выбранного конструктором хода пружины H_n и определяется по формуле:

$$L_n = H_n + (d \cdot n) + 2d, \quad (2)$$

где n - число витков пружины, определяемое по формуле:

$$n = \frac{H_n}{f}, \quad (3)$$

где f - прогиб одного витка пружины под нагрузкой, мм.

Для изготовления пружин применяют стальную проволоку марки «ОВС» и прутки 50ХФА, подвергаемые термической обработке после навивки пружины.

Теоретически определено, что оптимальной шириной колеи лыжного модуля является величина 750 мм, угол поворота рулевого механизма – 80°. При этом масса лыжного модуля составляет 15 кг.

Принцип конструкции подвески - рычажно-маятниковый с одним центральным амортизатором. Данная схема работы наиболее подходит с точки зрения простоты конструкции и ремонтпригодности.

Изготовленный в лаборатории ФГБОУ ВО Тверская ГСХА опытный образец показал приемлемые результаты ходовых испытаний. (Рис. 4)

Дальнейшее исследование предполагает уточнение кинематики и конструкции подвески, оценку устойчивости машины, определение прочностных характеристик разработки и внедрения результатов НИР в производство.



Рис. 4 - Опытный образец лыжного модуля

При разработке конструкции лыжного модуля и обосновании базовой машины следует учитывать ширину колеи и физические свойства снега [5-6]. Это будет влиять на значения эксплуатационных параметров мотобуксировщика с лыжным модулем.

Библиографический список

1. Конструктивные особенности основных узлов отечественных снегоходов / А. С. Дьяков, А. С. Сученина, В. В. Новиков [и др.] // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2018. – № 4(123). – С. 193-205. – DOI 10.46960/1816-210X_2018_4_193. – EDN EPJCWS.

2. Лыжный модуль для мотобуксировщика. URL: <http://motux.ru/product/lyzhnyy-modul-dlya-motobuksirovshchika/> (дата обращения: 20.09.2023).

3. Острцов А.В., Красавин П.А., Воронин В.В., Павлова Л.А. Автомобильные подвески: Учебное пособие по дисциплине «Конструкция автомобиля и трактора» для студентов вузов, обучающихся по специальности 190201 (150100) «Автомобиле – и тракторостроение». Часть I. – М.: МГТУ «МАМИ», 2011. – 162 с.

4. Фомин, А. Ю. Способ повышения маневренности высококомобильной транспортной гусеничной машины / А. Ю. Фомин, В. Ф. Васильченков // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2016. – № 7-2. – С. 121-131.

5. On calculation and assessment of machine reliability / G. E. Kokieva, S. A. Voinash, K. Y. Maksimovich [et al.] // Journal of Physics: Conference Series, Krasnoyarsk, Russian Federation, 25 сентября – 04 2020 года. Vol. 1679. – Krasnoyarsk, Russian Federation: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. – P. 42029. – DOI 10.1088/1742-6596/1679/4/042029. – EDN OQBNSR.

6. Комплексная модернизация шасси двухзвенного гусеничного транспортера / Р. Ю. Добрецов, Ю. Шэнь, А. А. Лучинович [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 10. – С. 485-492. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-10-485-492. – EDN TZNUOG.

КОСВЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАГНИТНОЙ АКТИВАЦИИ ТОПЛИВА

Карлюк А. П., преподаватель кафедры механики материалов и деталей машин

Еднач В. Н., к.т.н., доцент, заведующий кафедрой механики материалов и деталей машин

Щурин К. В., д.т.н., профессор кафедры механики материалов и деталей машин

Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Рассмотрены методы косвенной оценки эффективности процесса магнитной активации немагнитных жидких сред, и в качестве приоритетного рекомендован метод сравнительной оценки вязкости рабочей жидкости до активации и после неё. Предложен план проведения дальнейших экспериментальных исследований в условиях стендовых и эксплуатационных испытаний дизельных двигателей мобильных транспортно-технологических машин. Планируется поэтапное внедрение магнитных активаторов в топливные системы двигателей в процессе капитального ремонта с дальнейшей подконтрольной эксплуатацией и передачей доработанной документации на заводы-изготовители двигателей.

Ключевые слова: тепловые двигатели, углеводородные топлива, теплотворная способность, молекулярные кластеры, неспецифическое физическое воздействие, диамагнетики, энергия связей, малоэнергетические воздействия, неодимовый магнит, магнитная активация, вязкость.

Введение.

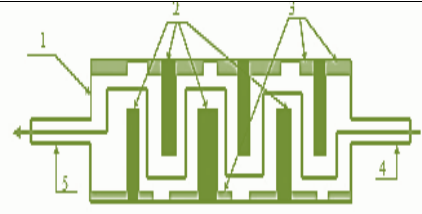
Малоэнергетические внешние воздействия позволяют без заметных дополнительных энергетических затрат или с использованием внутренних резервов вещества перестраивать его структуру. В результате достигаются эффекты, соответствующие увеличению или, напротив, снижению упорядоченности в надмолекулярной структуре веществ. При этом чаще всего используют введение присадок и внешние физические воздействия – ультразвуковые, электрические, электромагнитные, магнитные и другие [2–4], позволяющие повысить степень упорядоченности внутримолекулярных и надмолекулярных структур. Это способствует достижению цели настоящего исследования – повышению КПД двигателя и снижению количества вредных

компонентов выхлопных газов за счет увеличения полноты сгорания топлива посредством его физико-химической активации с выделением дополнительной тепловой энергии и, как следствие, увеличением энтальпии рабочих процессов.

Методика исследования. Известны несколько прикладных теорий, положенных в основу изучения механизма действия магнитного поля на нефтяные дисперсные системы [5, 8, 9]. Это – «коллоидные» гипотезы, в основе которых лежит действие магнитного поля на коллоидные диамагнитные, парамагнитные и ферромагнитные частицы; «ионные» гипотезы [2].

В настоящее время созданы многочисленные конструкции аппаратов магнитной активации топлив, функционирующие как на электромагнитном принципе, так и на создании МП постоянными магнитами с периодической сменой полярности. Известные конструкции аппаратов для магнитной активации жидкостей (АМАЖ) имеют низкий коэффициент использования рабочего объема (КИРО), равный отношению длины зон, в которых происходит активация, к общей длине рабочей части аппарата, и не превышающий 0,75–0,8. При скорости протекания топлива 0,5–1,0 м/с время экспозиции в магнитном зазоре – не более 0,2 с. [4] Для увеличения времени экспозиции конструктивно реализуют либо увеличение длины рабочей зоны АМАЖ, либо снижение скорости движения жидкости путем локального увеличения сечения трубопровода. На основе данной концепции нами реализованы и запатентованы конструкции АМАЖ [3], во многом свободные от перечисленных недостатков (табл.1).

Таблица 1 – Улучшенные конструкции аппаратов для магнитной активации жидкостей

Конструкция, патент	Преимущества и недостатки	Примечания
 <p>1 – неферромагнитный корпус; 2 – магниты; 3 – неферромагнитные крепежные пластины; 4 – входной патрубок; 5 – выходной патрубок (патент 2411190 РФ, МПК G 02 F 1/48 «Магнитный активатор жидких сред», авторы – В. А.</p>	<p><i>Преимущества:</i> КИРО более 2,5; время экспозиции в МП – более 2 с.</p> <p><i>Недостаток –</i> турбулентность потока с кавитационными явлениями</p>	<p>Поток рабочей жидкости зигзагообразно движется в оптимальных по напряженности магнитных полях, пересекая магнитные силовые линии под углом, близким к 90°, и находится под</p>

Конструкция, патент	Преимущества и недостатки	Примечания
<p>Помазкин, К. В. Щурин, Е. В. Цветкова)</p>		<p>воздействием магнитного поля большой промежуток времени</p>
 <p>1 – внутренняя обойма с магнитами 2; 3 – спиральный трубопровод; 4 – внешняя обойма с магнитами 5 (патент № 2693158 РФ «Аппарат магнитной активации жидкостей», авторы –К. В. Щурин, И. Г. Панин, А. А. Фокин)</p>	<p><i>Преимущества:</i> ламинарное движение потока жидкости под углом 90° к силовым линиям магнитного потока; КИРО свыше 20</p>	<p>Переменное магнитное поле создается изменением полярности магнитов на противоположную через определенные угловые промежутки – секторы, содержащие заданное количество магнитов</p>
 <p>1 – расширительная емкость с патрубками; 2 – кассета с магнитами 3 (патент № 2703837 РФ «Магнитный активатор», авторы – К. В. Щурин, И. Г. Панин, А. А. Фокин)</p>	<p><i>Преимущества:</i> ламинарное движение потока жидкости под углом 90° к силовым линиям магнитного потока; увеличение времени экспозиции жидкости в магнитном поле в 20–25 раз</p>	<p>Переменное магнитное поле создается изменением полярности магнитов на противоположную через определенные промежутки, равные длине магнита</p>

Оценка эффективности конструктивных решений АМАЖ и, как следствие, степени активации осуществляется косвенными методами на основе анализа

изменений физических свойств жидкости: диэлектрической проницаемости, электропроводности, магнитной восприимчивости, коэффициента преломления, плотности, вязкости, поверхностного натяжения, скорости испарения и др. [3, 4]. В табл. 2 приведен анализ наиболее распространенных физических методов оценки эффективности активации, который дает возможность мотивированного выбора наиболее адекватного метода активации и конструкции АМАЖ.

Таблица 2 – К применению косвенных методов оценки эффективности активации

Показатель	Расчетная зависимость	Примечание
Плотность	<p>1. С учетом температурного расширения:</p> $\rho = \frac{\rho_{ст}}{1 + \beta_l(T - T_{ст})};$ <p>2. Для неассоциированных растворов:</p> $\rho_{см} = \frac{1}{\sum_{k=1}^n \frac{x_k}{\rho_k}}$	<p>T – текущее значение температуры; $T_{ст}$ – стандартная температура; β_l – коэффициент объемного температурного расширения; x_i – массовая доля i-го компонента в смеси, кг/кг; ρ_i – плотность i-го компонента</p>
Вязкость	<p>1. Касательные силы по формуле Ньютона:</p> $\tau = \mu \cdot \frac{dV}{dn}.$ <p>2. Для смеси неассоциированных жидкостей:</p> <p>3. $\ell_{\delta\mu_{см}} = \alpha_1 \ell_{\delta\mu_1} + \alpha_2 \ell_{\delta\mu_2} + \dots + \alpha_n \ell_{\delta\mu_n}$</p>	<p>μ – динамический коэффициент вязкости; V – скорость потока жидкости; n – единица длины изменения скорости по нормали к направлению движения; $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ – динамические коэффициенты вязкости компонентов смеси жидкостей, Па · с; $\mu_{см}$ – динамический коэффициент вязкости смеси жидкостей, Па · с; x_1, x_2, \dots, x_n – мольные доли компонентов смеси</p>
Поверхностное натяжение	<p>Поверхностное натяжение определяют как энергию, которую необходимо затратить для создания единицы площади новой</p>	<p>В инженерной практике для системы жидкость–газ поверхностное натяжение можно считать зависящим только от природы</p>

Показатель	Расчетная зависимость	Примечание
	<p>поверхности раздела фаз. Величина поверхностной энергии тем больше, чем больше площадь свободной поверхности. Пусть площадь свободной поверхности изменилась на ΔS, при этом поверхностная энергия изменилась на $\Delta W_p = \sigma \cdot \Delta S$, где σ – коэффициент поверхностного натяжения. Так как для этого изменения необходимо совершить работу $A = \Delta W_p$, или $A = \sigma \cdot \Delta S$.</p> <p>Отсюда величина коэффициента поверхностного натяжения $\sigma = A/\Delta S$</p>	<p>жидкости. Для системы жидкость–жидкость поверхностное натяжение можно приближенно рассчитать как разность поверхностных натяжений этих жидкостей на границе раздела с газом.</p> <p>Размерностью коэффициента поверхностного натяжения в СИ является Дж/м². Равнозначной ему величиной является Н/м (1 Дж/м² = 1Н/м)</p>
Теплоемкость	<p>Массовая теплоемкость смеси жидкостей пропорциональна массовой доле компонента смеси и рассчитывается по уравнению</p> $c_{см} = c_1 \bar{x}_1 + c_2 \bar{x}_2 + \dots + c_n \bar{x}_n$	<p>$c_{см}$ – массовая теплоемкость смеси жидкостей или газов, Дж/(кг · К); c_1, c_2, c_n – теплоемкости компонентов смеси, Дж/(кг·К); x_1, x_2, x_n – массовые доли компонентов смеси</p>
Теплопроводность	<p>Коэффициент теплопроводности жидкостей пропорционален изобарной теплоемкости (c_p), плотности (ρ) и вязкости (μ):</p> $\lambda_{30} = A \cdot c_p \sqrt{\frac{\rho}{\mu}}$ <p>Зависимость теплопроводности от температуры описывается уравнением:</p>	<p>λ_{30} – коэффициент теплопроводности при 30 °С, Вт/(м · К); μ – динамический коэффициент вязкости, Па · с; ρ – плотность, кг/м³; β – коэффициент объемного расширения, 1/К; t – температура, °С; A – коэффициент, зависящий от степени ассоциации</p>

Показатель	Расчетная зависимость	Примечание
	$\lambda_t = \lambda_{30}[1 - \beta(t - 30 \text{ }^\circ\text{C})]$ $Pr = c \cdot \mu / \lambda$ $v = \frac{2(\rho - \rho') gr^2}{9\eta}$	<p>жидкости. Для ассоциированных жидкостей (вода) $A = 3,5840^{-3}$, для неассоциированных (бензол) $A = 4,2240^{-8}$</p>
Интегральный показатель	<p>Формула Прандтля обобщенно характеризует теплофизические свойства жидкостей. Рассчитывается по уравнению:</p> $Pr = c \cdot \mu / \lambda$	<p>c – удельная массовая теплоемкость, Дж/(кг · К); μ – динамический коэффициент вязкости, Па · с ; λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м · К)</p>

Примечание: Для определения показателей 1–5 используют стандартные номограммы.

В патенте № 2096759 РФ «Экспресс-анализ физической активации жидкостей» (автор – В. А. Помазкин) и [5] изложена методика экспресс-анализа эффективности физической активации немагнитных жидкостей, в основу которой положен факт изменения их вязкостно-коагуляционных свойств. Нерастворимый в данной жидкости порошок будет оседать в ней со скоростью, которая будет изменяться в соответствии с уравнением Стокса

$$v = \frac{2(\rho - \rho') gr^2}{9\eta}, \quad (1)$$

где ρ и ρ' – плотность жидкости и порошка соответственно, кг/м³; η – коэффициент вязкости жидкости, Па · с;

r – радиус частиц порошка, м;

g – ускорение свободного падения, м/с².

Магнитная активация приводит к усилению коагуляции и уменьшению вязкости и, как следствие, увеличению скорости оседания порошка. Способ дает возможность косвенно оценить глубину изменений в жидкости. При этом эффективность магнитной активации определяется по формуле

$$\Xi = \frac{t' - t_0}{t} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где t' и t_0 , с – время оседания порошка в активированной и неактивированной жидкости до одного и того же значения мутности (реперного значения шкалы гальванометра).

Использование предлагаемого метода косвенной оценки эффективности магнитной активации позволит оперативно оценить адекватность применяемых

методов и средств и, при необходимости, произвести направленные регулировки процесса.

Исходная молекула Теплота сгорания ΔQ (кДж/моль)	Состав фракций после активации	Суммарная теплота сгорания преобразованного топлива ΔQ (кДж/моль)
C_8H_{18} $\Delta Q = 5470$	$C_8H_{18} + 2C_2H_4$ C_2H_6	$\Delta Q = 5607$ $\Delta = 7 \%$
	C_2H_6 $2C_2H_4$ $2C_2H_2$	$\Delta Q = 5900$ $\Delta = 15 \%$
	C_2H_6 $0,5C_2H_4$ $2C_2H_2$ $3C_2H_2$	$\Delta Q = 5975$ $\Delta = 18 \%$
	$2C_2H_2$ $2C_2H_4$ $2H_2$ $0,5C_2H_4$ $0,5C_2H_2$ $0,5H_2$ $3C_2H_2$ $3H_2$	$\Delta Q = 8387$ $\Delta = 28 \%$

Рис. 2 – Основные преобразования молекул бензина АИ-92 в магнитном поле при изменении магнитотропных параметров

Заключение. В [5, 6] приведены результаты исследований по изменению свойств бензина в результате его магнитной активации. При этом зафиксировано снижение расхода топлива около 10 % и снижение в выхлопных газах количества окислов углерода и азота – более 12 %.

На рис. 2 [1, 6] показаны результаты расчета по приведенной здесь методике, связанные с изменением теплотворной способности бензина АИ-92 в зависимости от глубины активации. Мы полагаем, что рациональная глубина активации должна обеспечивать повышение теплоты сгорания в диапазоне 7 – 15 %, поскольку при большей дефрагментации исходной молекулы возникает опасность ухудшения тепловых и трибологических режимов ДВС [7].

Библиографический список

1. Щурин К. В., Панин И.Г. Изменение свойств немагнитных жидкостей в переменном магнитном поле // «Информационно-технологический вестник» – 2017. – № 1. – С. 103-114.
2. Щурин К.В., Карлюк А.П., Паныш Ю.Н. Прикладные методы магнитной активации жидких диамагнетиков // Сборник научных статей 12-й Международной научно-практической конференции // Современные материалы, техника и технология – 2022. – С. 427-433.
3. Помазкин, В. А. Неспецифические воздействия физических факторов на объекты биотехносферы: Монография. – Оренбург, ОГУ, 2001. – 340 с.
4. Егоров И.Н. Улучшение эксплуатационных свойств дизельных топлив в условиях сельскохозяйственного производства: Дис. ... канд. техн. наук: Великолукский СХИ. – Великие Луки, 1983. – 292 с.

5. Пивоварова Н. А. Интенсификация процессов переработки углеводородного сырья воздействием постоянного магнитного поля: Дис. ... докт. техн. наук: 05.17.07 / Рос. гос. ун-т нефти и газа им. И.М. Губкина. – Москва, 2005. – 361 с.

6. Ю.В. Галышев, А.Ю. Шабанов, А.Б. Зайцев, А.А. Метелев. Влияние электромагнитного воздействия на показатели топлива и характеристики автомобильных двигателей внутреннего сгорания // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. — №2(171). — 2013. — С. 61 — 67.

7. Апатенко, А. С. Оценка достоверности результатов исследований зависимости давления начала впрыска форсунки от температуры смесового топлива / А. С. Апатенко, И. И. Руденко // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК : Материалы XV Международной научно-практической конференции, р.п. Правдинский, Московская обл., 08 июня 2023 года. – Москва: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2023. – С. 438-442.

УДК 631.372; 62-791.4

ДИАГНОСТИРОВАНИИ ДВС СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Катаев Ю. В., к.т.н., доцент

Тишанинов И. А., младший научный сотрудник

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, г. Москва, РФ

Аннотация. Проведенные исследования, направленные на разработку и внедрение новых цифровых методов и интеллектуальных систем позволяют совершенствовать процесс диагностирования, повышать достоверность определения функциональных технических характеристик сельскохозяйственной техники в режиме реального времени, что являются важными и актуальными при техническом сопровождении энергонасыщенной техники.

Ключевые слова: Сельскохозяйственная техника, диагностика, техническое состояние, цифровой метод, нейронная сеть.

Цифровизацию процессов диагностирования парка сельскохозяйственной техники (СХТ) с использованием интеллектуальных систем можно отнести к одной из основных целей, направленных на совершенствование

эксплуатационных характеристик и эффективность использования машинно-тракторного парка (МТП) в агропромышленном комплексе (АПК).

По статистическим данным Министерства сельского хозяйства Российской Федерации около 40% парка сельскохозяйственной техники содержит в своих конструкциях интеллектуальные решения, в том числе в виде электронных блоков управления как всей машины в целом, так и отдельно по двигателю, трансмиссии и другим агрегатам [1-2].

Результаты и проведенный анализ данной работы заключаются в создании платформы цифрового ресурса по диагностированию энергонасыщенной сельскохозяйственной техники, оценки полученной информации в результате мониторинга, и обработки массива данных, получаемых от двигателя трактора с помощью обучаемой нейронной сети. В результате онлайн-мониторинга сельскохозяйственной техники с помощью диагностического устройства рассмотрено взаимодействие входного и выходного нейрона в нейронной сети, используя при этом большой массив данных, полученных при диагностировании двигателя трактора [3].

Принцип работы разработанной платформы цифрового диагностирования позволяет использовать специальное устройство для сбора и передачи информации, что обеспечивает получение диагностических параметров технического состояния СХТ с помощью специального адаптера через OBD-разъем. Полученная информация в виде зашифрованных данных удаленно передается на сервер с помощью GPS модема и оцифровывается в банке данных, где происходит структурирование и анализ полученной информации при помощи разработанной модели искусственной нейронной сети. Расшифрованные данные направляются с помощью GPS/GSM связи на персональный компьютер оператора или мобильный телефон [4].

Оператор видит информацию в виде структурированных графиков параметров технического состояния энергонасыщенной СХТ, а также получает отчеты по прогнозированию возможных отказов деталей ДВС.

Модель разработанного диагностического устройства по сбору информации через CAN интерфейс представлена на рисунке 1.

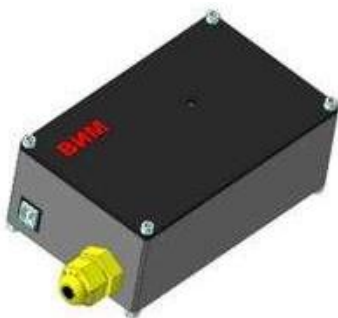


Рис. 1 – Модель устройство по сбору диагностической информации

Для оптимизации и структурирования диагностической информации, полученной в результате мониторинга, была использована математическая модель многослойной нейронной сети, представленная на рисунке 2.

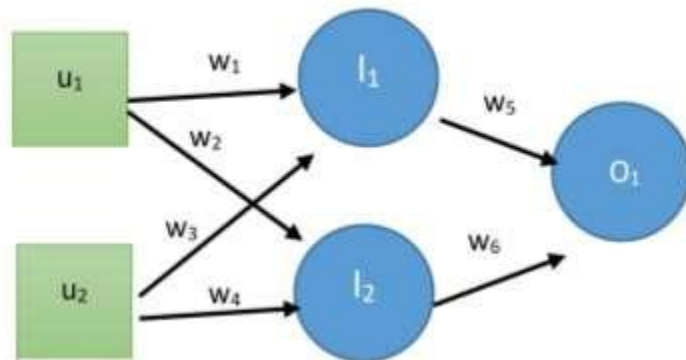


Рис. 2 – Математическая модель многослойной нейронной сети
 Действия многослойной сети (персептрона) представлены в формулах:

$$g_j = f\left(\sum_{i=1}^n v_{ij} x_i + Q_j\right) \quad (1)$$

$$y_k = f\left(\sum_{j=1}^h w_{jk} g_j + T_k\right) \quad (2)$$

где n, h – входные слои;

v, w – абсолютные величины случайных значений;

Q, T – весовой коэффициент;

Каждая нейронная связь имеет свой вес, определяющий доминацию определенных нейронов в общем массиве искусственной нейронной сети.

Используя диагностическое устройство, осуществляется сбор диагностической информации об отказах и неисправностях работы двигателя и формирование базы данных. На этом этапе на основе полученных экспериментальных данных и других достоверных источников информации окончательно формируется банк данных. Этот набор обучающих выборок, описывающих признаки и проявления дефектов, подается на вход нейронной сети. Созданная база данных имеет практическое значение для обучении нейронных сетей при обнаружении ошибок.

В такой базе необходимо иметь не менее 3-5 эталонных диагностических параметров, а в оптимальном варианте – несколько сотен для полного описания технического состояния диагностируемого объекта.

Контролируемые показатели определялись на различных режимах работы двигателя, в том числе переезд агрегата и выполнение работ в агрохозяйстве Рязанской области. В процессе экспериментальных исследований в качестве контролируемых параметров были взяты: расход топлива; температура двигателя; частота вращения вала двигателя. Технические возможности

разработанного сотрудниками ФГБНУ ФНАЦ ВИМ устройства позволяют обеспечить сбор диагностической информации в диапазоне указанных контролируемых параметров. Расширение диапазона возможностей устройства с точки зрения увеличения контролируемых параметров проектируется в ближайшее 1 – 1,5 года и результаты этих разработок будут в этот же срок апробированы в экспериментальном режиме [5-6].

Пример экспериментальной базы данных при выполнении работ представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Экспериментальные данные нейронной сети, полученные в результате онлайн-мониторинга сельскохозяйственной техники

№ п/п	Расход топлива	Температура двигателя	Частота вращения коленчатого вала двигателя
1	66,8	76	902,25
2	66,8	76	897,75
3	66,8	76	897
4	66,8	76	897,75
5	66,8	76	895,75
6	66,8	76	1675
7	68	76	1645

На основании полученных экспериментальных данных нейронной сети, в результате онлайн-мониторинга ДВС трактора, сформирована зависимость, характеризующая нормальную его работу при эксплуатации (рисунок 3).



Рис. 3 – Зависимость температуры двигателя в разрезе 4 часов работы

Разработанная платформа цифрового диагностирования с нейросетевым моделированием для оценки и прогнозирования технического состояния сельскохозяйственной техники позволяет заранее определять выход контролируемых параметров за их предельное значение, что обеспечивает снижение незапланированных простоев техники в период интенсивной эксплуатации на 15-20% и способствует своевременному проведению всех уровней технического обслуживания и ремонта машин, что повысит техническую готовность машинно-тракторного парка на 5-7%.

Библиографический список

1. Голубев И.Г., Мишуров Н.П., Федоренко В.Ф. и др. Цифровые решения при техническом сервисе сельскохозяйственной техники: Аналитический обзор. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. 76 с.

2. Катаев Ю.В., Загоруйко М.Г., Тишанинов И.А., Градов Е.А. Прогнозирование отказов в двигателях сельскохозяйственной техники с применением цифровых технологий // Аграрный научный журнал. 2022. № 2. С. 79-82.

3. Семейкин В.А., Дорохов А.С. Теоретические предпосылки организации процесса входного контроля качества машиностроительной продукции // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2007. № 2 (22). С. 92-94.

4. Дидманидзе О.Н., Митягин Г.Е., Измайлов А.Ю. и др. Технологические процессы диагностирования и технического обслуживания двигателей транспортных и транспортно-технологических машин. М.: ООО «УМЦ «Триада». 2015. 109 с.

5. Манжула В.Г., Федяшов Д.С. Нейронные сети Кохонена и нечеткие нейронные сети в интеллектуальном анализе данных // Фундаментальные исследования. 2011. № 4. С. 108-114.

6. Erokhin M.N. *et al.* Assessing the relative interchangeability in joints ith preload // Russian Engineering Research, 2020, Vol. 40, No. 6, pp. 469-472.

УДК 621.757

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ ПЕРЕД НАНЕСЕНИЕМ ХРОМОВОГО ПОКРЫТИЯ НА КАЧЕСТВО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Котомчин А. Н., к.т.н.,

*Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко,
г. Тирасполь, Приднестровье*

Зорин В. А., д.т.н., профессор

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

Аннотация. В работе было определено влияние качества механической обработки восстанавливаемой поверхности детали с использованием разработанного способа хромирования на качество и прочность сцепления с поверхностью детали хромового покрытия.

Ключевые слова: хромирование, гидропривод, прочность сцепление, шероховатость.

Введение

В процессе эксплуатации специализированных автомобилей (Мусоровозы, самосвалы и др.) и дорожно-строительных машин, эксплуатирующих гидропривод, возникают отказы агрегатов (гидрораспределители, масляные насосы и др.), в которых ресурсопределяющими деталями являются – прецизионные (золотники, плунжера и др.). Зачастую из-за сложностей восстановления данных деталей этих агрегатов подвергаются замене либо прецизионные детали или агрегат в целом. Это приводит к увеличению стоимости эксплуатации машин [1-3].

С целью снижения затрат на восстановление и достижения необходимых результатов качества ремонта агрегатов гидропривода, был проведен поиск перспективных способов восстановления прецизионных деталей, работающих при гидроабразивном изнашивании, который показал что им является хромирование [4].

В результате проведенных исследований был разработан новый электролит хромирования [5], использования которого для восстановления деталей, работающих при гидроабразивном изнашивании снижал затраты на восстановление (менее 50% себестоимости новой) и не снижал, а даже повышал долговечность восстановленных деталей (более чем на 20-30%) за счет повышения износостойкости [5]. Однако в процессе разработки технологии

восстановления деталей, работающих при гидроабразивном изнашивании, было выявлено, что основным критерием определяющим качество хромового покрытия является – подготовка поверхности детали перед нанесением хромового покрытия. Поэтому дальнейшие исследования, были направлены на определение условий подготовки поверхности, для получения качественных покрытий с необходимыми свойствами для использования при восстановлении деталей, работающих при гидроабразивном изнашивании.

Методика исследований и применяемое оборудование

Для проведения исследований условий подготовки поверхности детали, перед нанесением хромового покрытия, было исследованы покрытия с использованием разработанного электролита хромирования и влияния шероховатости поверхности на качество получаемого хромового покрытия с необходимыми свойствами.

Для исследований хромовых использовалась установка для поддержания необходимых режимов осаждения [6]. В качестве образцов использовали втулки круглого сечения диаметром 12 мм и длиной 25 мм. Поверхность образцов предварительно шлифовали на кругло шлифовальном станке, использовали круг и режимы, описанные в работах [6].

Исследование шероховатости поверхностей измеряли по ГОСТ 9378-93 с помощью образцов шероховатостей 0,8-12, и использование микроинтерференционного метода, применяя для этого микроскоп ММУ-3 с цифровой приставкой с увеличением 1000х. Для определения качества поверхности также исследовали прочность сцепления с помощью пресса усилием 10 тс, в качестве образцов использовали специально подготовленный вал диаметром 20 мм и длиной 200 мм. При этом покрытие хромом осуществлялось на длине участка 20 мм на толщину 0,3 мм.

Для предварительной подготовки поверхности перед хромированием – травление и декапирование, использовали методику, описанную в работе [7].

Результаты исследований

В результате проведенных исследований было установлено, что шероховатость подготовленной поверхности оказывает значительное влияние на качество и прочность сцепления хромового покрытия. Поэтому были подготовлены образцы с различной шероховатостью, для изучения качества покрытий и прочности сцепления получаемых хромовых покрытий. Полученные результаты зависимости микротвердости и количества пор получаемого хромового покрытия от шероховатости поверхности подготовленной детали перед нанесением покрытия показаны на Рис. 1.

Из Рис. 1 видно, что наиболее оптимальной шероховатостью подготовленной поверхности перед хромированием является менее 0,32 мкм. С

учётом допуска на шлифование при использовании согласно рекомендациям [8,9] режимов и марки шлифовального круга, можно достичь необходимой шероховатости в пределах 0,16...0,32 мкм. Что в свою очередь позволит получать хромовые покрытия с достаточно высокой микротвердостью и минимально возможным количеством пор.

Также кроме качества покрытия изучалось влияния шероховатость поверхности предварительно подготовленной под хромирование на прочность сцепления хромового покрытия с основой детали (Рис. 2).

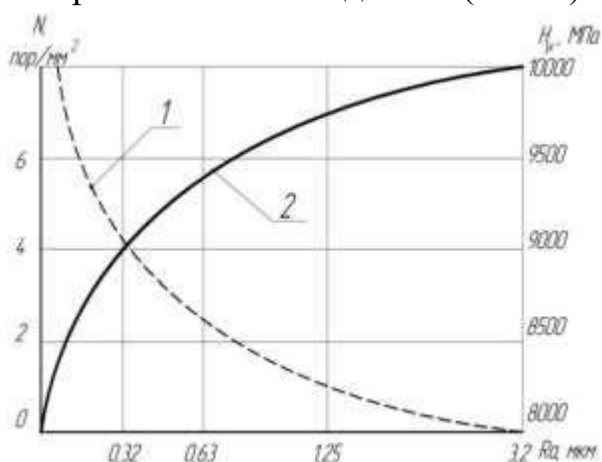


Рис. 1 – Влияние шероховатости поверхности на микротвердость хромового покрытия и количества пор: 1 – микротвёрдость, МПа, 2 – количество пор, пор/мм².

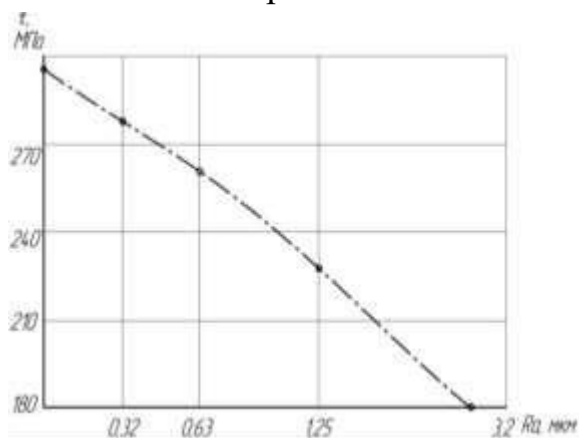


Рис. 2 – Влияние шероховатости поверхности детали на прочность сцепления хромового покрытия с основой детали

Анализ Рис. 2 показывает, что наилучшее сцепление хромового покрытия достигает при шероховатости подготовленной поверхности до 0,63 мкм. Дальнейшее увеличение шероховатости, не правильный выбор режимов шлифования или марки круга приводит к снижению прочности сцепления, что усложняет механическую обработку хромового покрытия в результате возможных появлений дефектов в виде сколов, трещин и т.п. Поэтому для применения разработанного электролита хромирования для восстановления

деталей гидропривода, необходимо соблюдать рекомендации по шероховатости в пределах 0,16..0,32 мкм.

Выводы

В результате проведенных исследований получено, что шероховатость значительно оказывает значительное влияние на качество и прочность сцепления с деталью хромового покрытия, получаемого из разработанного электролита хромирования. Наиболее оптимальная шероховатость детали перед нанесением хромовых покрытий должно быть в пределах 0,16...0,32 мкм. Данную шероховатость можно достичь путём соблюдения технических условий на механическую обработку для соответствующего материала. Рекомендуемая оптимальная шероховатость позволит получить максимальную прочность сцепления хромового покрытия с поверхностью детали – более 270 МПа.

Библиографический список

1. Котомчин А. Н., Ляхов Ю. Г. Анализ отказов узлов и агрегатов строительных, дорожных, подъемно-транспортных машин и специализированного автотранспорта на примере МУП "КоммуналДорСервис" г. Бендеры // Вестник Приднестровского университета. Серия: Физико-математические и технические науки. Экономика и управление. – 2019. – № 3(63). – С. 174-178.
2. Мухаметшина Р. М. Трибологические отказы дорожно-строительных машин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Т.18, 2016. № 1 (2). С. 252 – 255.
3. Янута А. С. Анализ отказов агрегатов грузовых автомобилей КАМАЗ автотранспортных предприятий Г. Бендеры // Высокие технологии и инновации в науке : сборник избранных статей Международной научной конференции, Санкт-Петербург, 28 января 2021 года. – Санкт-Петербург: ГНИИ «Нацразвитие», 2021. – С. 171-176.
4. Корнейчук Н. И., Лялякин В. П. Перспективы использования промышленных методов восстановления изношенных деталей машин гальваническими и полимерными покрытиями в современных условиях развития агропромышленного технического сервиса // Труды ГОСНИТИ. 2018. Т. 130. С. 254-264.
5. Корнейчук Н. И. Перспективы интенсификации восстановления деталей машин электролитическим хромированием // Труды ГОСНИТИ. 2010. Т. 106. С. 197 – 203.
6. Kotomchin A. N., Zorin V.A. Study of High-Performance Chromium Electrolyte for Restoration of Automobile and Road-Construction Machinery Parts / 2021 Intelligent Technologies and Electronic Devices in Vehicle and Road Transport

Complex, TIRVED 2021 - Conference Proceedings, Moscow, 11–12 ноября 2021 года. – Moscow, 2021.

7. Котомчин А. Н., Зорин В. А. Условия получения качественных хромовых покрытий из холодного саморегулирующегося электролита хромирования для восстановления деталей, работающих при гидроабразивном изнашивании // Интерстроймех-2022 : Материалы XXVI Международной научно-технической конференции, Ярославль, 12–14 октября 2022 года. – Ярославль: Ярославский государственный технический университет, 2022. – С. 285-293.

8. Корнейчук Н. И. Оценка контактной усталостной прочности износостойких гальванических покрытий, применительно к восстановлению деталей машин // Труды ГОСНИТИ. 2017. Т. 128. С. 152 – 161.

9. Корнейчук Н. И. Влияние условий термообработки на физико-механические свойства хромовых покрытий // Вестник Приднестровского университета. Серия: Физико-математические и технические науки. Экономика и управление. 2015. № 3(51). С. 103 – 109.

УДК 631.5

АНАЛИЗ И ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ДЕТАЛЕЙ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Купцов Р. Д., магистрант

Научный Руководитель: Корнеев В. М., к.т.н., доцент

*Российский государственный аграрный университет – МСХА имени
К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ*

Аннотация: в данной статье представлен обзор и анализ различных методов очистки узлов и механизмов двигателей внутреннего сгорания сельскохозяйственной техники. Также, рассмотрены преимущества и недостатки каждого метода и выявлены перспективные направления развития струйных методов очистки, особенно с учетом условий в сельскохозяйственном производстве.

Ключевые слова: Очистка, двигатель, моющие средства, сельскохозяйственная техника, загрязнения.

Качество выполненных работ и произведенной продукции непосредственно зависит от состояния техники в машинно-тракторном парке. В

процессе использования техники, такой как тракторы и комбайны, все ее компоненты подвержены различным видам загрязнений. Эти загрязнения снижают долговечность и надежность техники, способствуют ее преждевременному старению, ухудшают экологические характеристики, а также требуют значительных затрат на ее ремонт. Виды загрязнений, сельскохозяйственной техники, можно разделить на несколько категории: наружных поверхностей деталей и внутренних поверхностей деталей.

Наружные поверхности подвержены загрязнению грязевыми и масляными отложениями, остатками ядохимикатов и старыми покрытиями растительными остатками, коррозией, а также продуктами истирания при ремонте компонентов и механизмов техники. Внутренние поверхности загрязняются в основном асфальтосмолистыми отложениями, лаковыми отложениями, нагаром и накипью.



Рис. 1 – Виды загрязнений узлов и агрегатов сельскохозяйственной техники

Все эти виды загрязнений имеют сложную структуру и состав, включающий жидкие и твердые фазы с разной дисперсностью.

Очистка двигателей и их компонентов является одним из важных этапов при проведении ремонтных и восстановительных работ. Этот процесс оказывает значительное влияние на срок службы двигателя внутреннего сгорания.

Очистка двигателя считается сложным и экологически небезопасным процессом. Например, если снижается качество очистки головок и блоков цилиндров от загрязнений, таких как – (накипь, нагар), то это приведет к потерям ключевых параметров двигателя - мощности, срока его службы и снижению топливной экономичности. Для проведения процесса очистки деталей двигателя от ранее перечисленных типов загрязнений, которые имеют разные свойства,

рекомендуется использовать способы их удаления, соблюдая нормы санитарных, экологических и технических требований.



Рис. 2 – Способы очистки деталей узлов и деталей сельскохозяйственной техники

На данный момент, существует множество видов способов очистки деталей узлов и деталей, условно, их можно разделить на такие виды как общие и специальные. Чтобы достичь наилучшего качества очистки деталей чаще всего используют комбинацию из двух и более способов очистки.

К общим способам очистки можно отнести метод погружения, очистку с использованием циркуляции моющего раствора, струйную очистку, а также очистку в парах растворителей.

К специальным способам можем отнести ультразвуковую очистку, паровую очистку с использованием моющих веществ, электролитическую очистку, очистку с помощью абразивов и щеток.

Для погружного метода чаще всего используют растворители в виде эмульсий, а также двухфазные и щелочные растворы. Для того чтобы ускорить данный процесс очистки, следует нагреть моющий раствор при помощи газовой горелки или электрических нагревателей. Также применяются различные способы перемешивания моющего раствора, погружение деталей, прогонку раствора по изделиям с помощью насосов, механическое перемешивание и перемешивание сжатым воздухом. Основным преимуществом данного метода очистки деталей является его способность подвергать обработке изделия различных размеров и форм, а также экономическая выгода при его внедрении в производство. К недостаткам можно отнести сложность технологии, трудности в его обслуживании.

Струйные методы очистки, основанные на использовании струи высокого давления для возбуждения моющего раствора, с последующим отводом

отработанной жидкости, также получили широкое распространение. Этот метод позволяет использовать менее концентрированные моющие растворы или существенно повысить эффективность очистки при применении растворов высокой концентрации. Основным преимуществом струйной очистки является значительное сокращение времени, необходимого для процесса. Однако, чтобы предотвратить чрезмерное образование пены, необходимо использовать определенный состав раствора. В качестве моющей жидкости можно использовать щелочные растворы, эмульсии или их комбинацию. Главными недостатками струйных методов являются высокое образование пены и низкая эффективность очистки внутренних поверхностей, а также необходимость значительного повышения давления моющего раствора для удаления сильно закрепленных загрязнений, что требует большого энергопотребления.

Еще одним способом очистки деталей является циркуляция моющих растворов в очистительных емкостях, основанная на подаче большого количества свежего моющего раствора к очищаемой поверхности, со сбором в коллектор, подогревом и повторным использованием. Недостатками данного метода очистки являются высокая стоимость и сложности с борьбой с пенообразованием

Еще одним способом очистки деталей является очистка в парах растворителей в камерах, которые насыщены парами растворителя - (трихлорэтилен). При поступлении холодных деталей в камеру, пары растворителя конденсируются на их поверхности, а после этого загрязнения выносятся вместе с каплями конденсата. Однако данный метод не всегда обеспечивает совершенно чистую поверхность, так как некоторые загрязнения нерастворимы в растворителе, и на поверхности обрабатываемых деталей достаточно часто остается тонкий, едва заметный маслянистый слой. Также, данный способ требует больших затрат, а также недостаточно экологичный и может потребовать дополнительной доочистки деталей.

Электролитическая очистка является одним из заключительных этапов в процессе удаления загрязнений. Предварительно очищенная деталь, погружается в токопроводящий раствор, который выполняет функцию электрода. При процессе пропускания постоянного тока через раствор выделяется кислород на аноде и водород на катоде, благодаря чему мы получаем высокий уровень возбуждения жидкости. Однако этот метод также может привести к пенообразованию и риску взрыва от искр электрода. Еще одним недостатком является присутствие засохшей пены на поверхности детали, которую трудно удалить.

Метод паровой очистки с моющим веществом состоит обработки деталей двигателя паром под высоким давлением, а также моющим раствором высокой

температуры. Раствор подается в патрубок с распылительной головки- сопла. Данный метод чаще всего применяется для очистки объемных деталей, а также в случае если требуется мелкосерийный ремонт. Он имеет преимущество в малом потреблении производственной площади. Недостатки этого метода включают необходимость использования мощной вентиляции на участке очистки и сложность эксплуатации паровых установок в процессе ремонта.

Метод гидродинамической кавитационной очистки является экономически выгодным способом очистки составляющих двигателей. Он основан на использовании гидростатических давлений, создаваемых кавитационными пузырьками, чтобы усилить действие жидкости на очищаемую поверхность. Кавитация особенно эффективна, так как начинается у поверхности металла. Кавитационная очистка является перспективным способом, позволяющим достичь качественной очистки при наименьших затратах средств и времени.

Вывод: После проведения анализа возможных способов очистки деталей двигателя сельскохозяйственной техники, были получены следующие выводы:

Для устранения с вышеупомянутых типов загрязнений, часто требуется применение различных методов очистки и их комбинаций. Но большинство из перечисленных методов доступны только на больших производственных предприятиях из-за высоких затрат на оборудование и сложности их эксплуатации. Однако, в случае центральных ремонтных мастерских сельскохозяйственных предприятий, более выгодным решением может быть использование водоструйной очистки с возможностью повышения механического воздействия с помощью энергии кавитационного взрыва.

Библиографический список

1. Петрик, Д. Ю. Определение оптимальных технологических параметров процесса очистки деталей в погружных моечных машинах / Д. Ю. Петрик, В. М. Корнеев, В. Ю. Петрик // *Агроинженерия*. – 2023. – Т. 25, № 4. – С. 81-84. – DOI 10.26897/2687-1149-2023-4-81-84.

2. Пат. 2240186 РФ. Установка для мойки деталей и узлов машин / Ф.А. Мамедов, А.Е. Малиновский, В.В. Льготчиков, С.А.Овинова.

3. Пат. 2267366 РФ. Установка для мойки деталей / Е.В. Сливинский, Р.А. Комарьков, Н.К. Антонова // *Бюл.* – 2006. – № 3.

4. Тойгамбаев С.К. Совершенствование процессов очистки деталей от загрязнений при ремонте машин // *Актуальные проблемы современной науки*. 2016

5. Юнусов Г.С. Технологии и технические средства процесса мойки наружной поверхности цилиндрических консервных банок: монография / Г.С. Юнусов, А.В. Майоров. Йошкар-Ола: Марийский гос. ун-т, 2011. - 120 с

6. Корнеев, В. М. Исследование факторов интенсификации процессов очистки деталей в погружных моечных машинах / В. М. Корнеев, Д. Ю. Петрик // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки : Материалы XII Международной научно-практической конференции, Владикавказ, 08–10 декабря 2022 года. – Владикавказ: "Веста", 2022. – С. 24-28.

7. Паюров Р.А. Технология наружной очистки сельскохозяйственной техники с разработкой устройства акустико-кавитационного действия: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03: защищена 17.06.04 / Р.А. Паюров – Рязань, 2014. – 162 с.

8. Корнеев В.М. Актуальность очистки деталей двигателя от нагароотложений / В.М. Корнеев, Ю.В. Катаев // Международный техникоэкономический журнал. – 2010. – №1. – С. 63-65.

УДК 62-5

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ НА СЕЛЬХОЗТЕХНИКЕ

Лешаков И. А.,

Ерофеев М. Н., д.т.н., профессор

Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук, г. Москва, РФ

Внедрение синтетических углеводородов к применению на существующем парке сельхозтехники.

В настоящее время в России, как и во всем мире, актуальна задача снижения доли ископаемых топлив при эксплуатации существующего парка автомобильного транспорта. Несмотря на заметный общемировой прогресс в этой области, обусловленный введением в эксплуатацию автомобилей с электроприводом с питанием от литиевых батарей различных модификаций, а так же электромобилей на водородных топливных элементах, двигатели внутреннего сгорания (ДВС) еще на долгое время останутся основными типами двигателей автотранспортной техники и в особенности сельхозтехники по причине имеющейся наиболее удобной и глубоко развитой инфраструктуры производства и ремонта ДВС, а так же развитой инфраструктуры топливозаправочного хозяйства для ДВС.

Самыми известными и распространёнными более экологичными синтетическими возобновляемыми заменителями традиционных топлив, являются как жидкие – метанол, этанол, различные биотоплива, так и газообразные – углеводородный газы пропан и бутан. Данные виды топлив, несмотря на то, что имеют лучшие экологические характеристики, чем традиционные бензин и дизельное топливо, совокупных эксплуатационных преимуществ в достаточной степени показать не могут, и в особенности это касается применения этих видов топлив в дизельных двигателях, которые в сельхозтехнике применяются в подавляющем количестве. Работа дизельного двигателя полностью на пропан-бутане без использования дизельного топлива возможна только при их существенной модернизации, если дополнить дизельный ДВС системой искрового зажигания, и что самое затратное, снизив его степень сжатия, так как даже выдающейся детонационной стойкости метана в 120 ед. недостаточно при стандартной высокой степени сжатия дизельного двигателя.

Соответственно, такая схема применения газового топлива для дизельного двигателя, не смотря на свои достаточно положительные экологические качества, являются слишком усложнённой и дорогой во внедрении и эксплуатации.

Однако схожие моторные характеристики с дизельным топливом имеет ещё один газ, только уже из разряда эфиров – диметиловый эфир (диметилэфир, ДМЭ)

Но в отличие от компримированного метана и сжиженного пропан-бутана, на текущий момент массового применения ДМЭ в качестве топлива не было. В России, США, Японии, странах Европы существуют рабочие образцы дизельной техники, работающей на ДМЭ. При применении ДМЭ в дизельном двигателе кардинальным изменениям в конструкции двигателя подвергается лишь система подачи топлива, которая может быть полностью аналогична популярному газобаллонному оборудованию (ГБО) на пропан-бутане.

Хранится и заправляется ДМЭ аналогично пропан-бутану, и при его использовании в полной мере будет задействована существующая газовая топливозаправочная инфраструктура. Энергоемкость ДМЭ также ниже, чем у дизельного топлива – 27 против 42 мДж/кг. Однако более высокое цетановое число ДМЭ, а также более полное сгорание из-за наличия в составе топлива кислорода позволяют не терять мощности двигателя при улучшении экологических показателей (табл. 1). Увеличенный массовый расход топлива может быть вполне компенсирован отсутствием необходимости использовать дорогую топливную аппаратуру, увеличенной надёжностью двигателя и, соответственно, меньшими эксплуатационными расходами, а более низкая

температура самовоспламенения ДМЭ относительно дизельного топлива значительно упрощает холодный запуск и фактически снимает потребность в системе предпускового подогрева [6]. Экологические характеристики при работе ДВС на ДМЭ по положительному эффекту аналогичны применению метанола в бензиновых ДВС [7]. Помимо практически полного отсутствия сажи снижаются выбросы окислов азота и угарного газа. ДМЭ не ядовит и не токсичен.

Таблица 1 - Основные физико-химические показатели ДМЭ в сравнении с дизельным топливом

Показатель	ДМЭ	Дизельное топливо
Низшая теплотворная способность, МДж/кг	27,6	42,5
Плотность, г/мл	0,66	0,84
Цетановое число	> 55	40...55
Температура самовоспламенения, °С	235	250
Стехиометрическое соотношение	9,0	14,0
Температура кипения, °С	-25	180...370
Теплота испарения, кДж/кг	460	250
Содержание, % масс., углерода / водорода / кислорода	52,2 / 13,0 / 34,8	86,0 / 14,0 / 0

В НАМИ было доказано, что применение ДМЭ в качестве моторного топлива возможно при доработке лишь системы питания двигателя без внесения изменения в конструкцию самого дизельного двигателя. Но несмотря на это опытная эксплуатация нескольких автомобилей с такой системой питания была признана в целом успешной. Однако из-за дальнейшего отсутствия финансирования и ненадёжной работы даже модернизированного ТНВД программа была свёрнута.

Проблем с ТНВД можно избежать в том случае если осуществлять подачу ДМЭ в цилиндры двигателя в газообразном виде через впускной трубопровод, применив внешнее смесеобразование, минуя ТНВД (рис. 1).

Такой способ подачи ДМЭ в двигатель проверялся экспериментально. В процессе экспериментов двигатель работал на изменяемой по соотношению концентраций смеси ДМЭ с пропан-бутаном. Подача смеси производилась методом внешнего смесеобразования через впускной тракт двигателя. По результатам эксперимента в России получены патенты № 2413854 и № 2421503. [8]

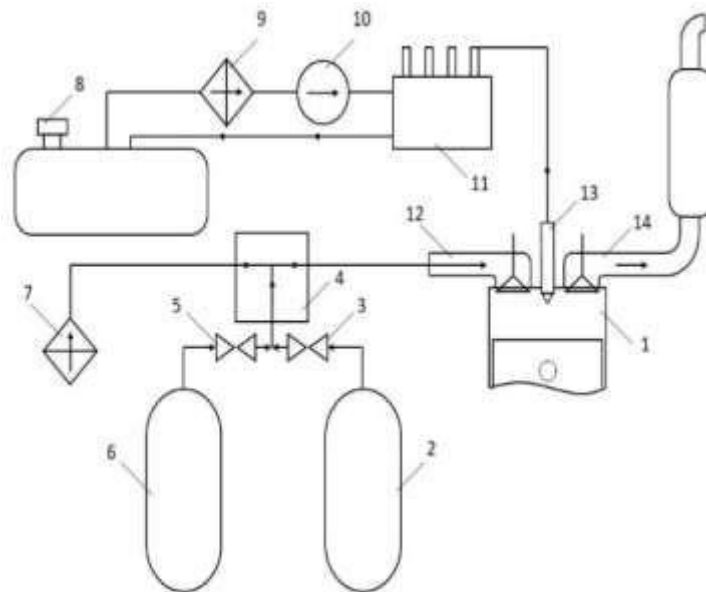


Рис. 1 – Схема стендовой установки работы дизельного двигателя на смеси ДМЭ и пропан-бутана с внешним смесеобразованием:

1 – двигатель Д-245; 2 – газовый баллон с ДМЭ; 3 – регулятор расхода ДМЭ; 4 – газовый редуктор-смеситель; 5 – регулятор расхода пропан-бутана; 6 – газовый баллон с пропан-бутаном; 7 – воздушный фильтр; 8 – бак с дизельным топливом; 9 – фильтр тонкой очистки ДТ; 10 – топливоподкачивающий насос; 11 – дизельный топливный насос высокого давления; 12 – впускной воздушный коллектор; 13 – топливная форсунка подачи ДТ; 14 – выпускной коллектор отработавших газов

Модернизацию существующих современных дизельных двигателей с системой питания common rail для работы на ДМЭ имеет смысл производить на базе не так давно получившего распространение ГБО 6-го поколения, где газовое топливо подается из топливного бака непосредственно в цилиндры в сжиженном виде, минуя газовую фазу. На рис. 2 приведена схема модернизации эксплуатируемых дизельных двигателей для работы на ДМЭ на базе существующего ГБО 6-го поколения.

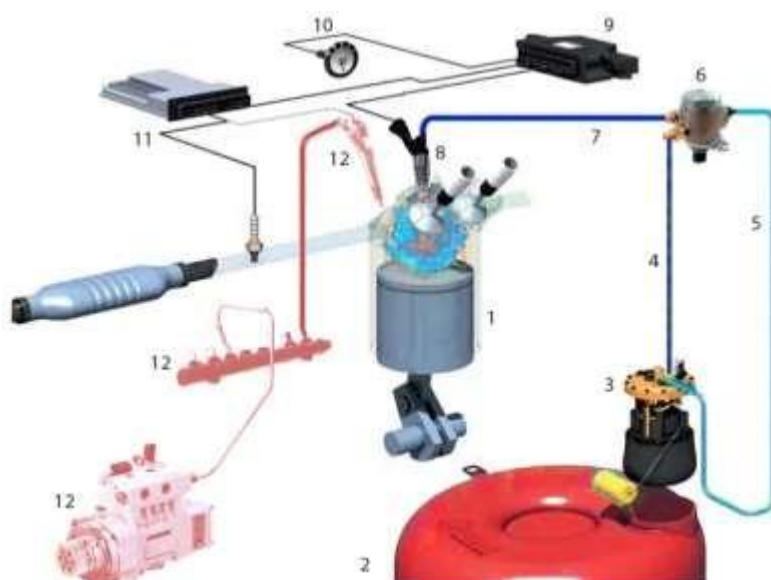


Рис. 2 – Схема модернизации эксплуатируемых дизельных двигателей для работы на ДМЭ на базе существующего ГБО 6-го поколения:

- 1 – дизельный двигатель; 2 – газовый баллон 2,0 МПа со сжиженным ДМЭ, 3 – топливный насос низкого давления 1,5 МПа; 4 – подающая магистраль ДМЭ, 5 – сливная магистраль ДМЭ; 6 – топливный насос высокого давления 10 МПа, 7 – магистраль подачи ДМЭ к форсунке; 8 – форсунка непосредственного впрыска ДМЭ в штатное место свечи накала; 9 – ЭБУ подачи ДМЭ; 10 – переключатель ДМЭ / дизельное топливо; 11 – штатный ЭБУ двигателя; 12 – штатная система подачи ДТ

Необходимо особо отметить, что переход на ДМЭ для дизельных двигателей возможен по схеме попеременного двухтопливного питания, что делает процесс перехода на предлагаемые топлива в глобальном масштабе максимально гибким и эффективным.

Электроприводы сельхозмашин на водородных ячейках с заправкой углеводородным топливом

Большим плюсом предлагаемой концепции применения ДМЭ является то, что вариант использования в ДВС не сопутствует дальнейшим перспективам развития применения электрических двигательных установок в сельхозагрегатах.

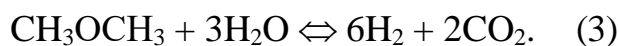
В настоящий момент внедрение электротранспорта тормозится в основном из-за несовершенства источников питания. Существующие источники питания не обладают достаточными эксплуатационными характеристиками. Например, литий-ионные батареи отличаются ограниченными емкостью и сроком службы, неудовлетворительно долгим временем зарядки, крайней трудоемкостью замены при выходе их из строя. Водородные топливные элементы помимо ограниченной мощности имеют недостатки, связанные с хранением водорода на борту

автоагрегатов. Оптимальный на сегодня вариант применения электросиловых приводов с комбинированным источником питания, а именно батареей и топливной ячейкой на борту – в итоге все равно сталкивается с проблемами хранения водорода.

В этом случае на помощь также приходят синтетические углеводороды. ДМЭ и пропан-бутан возможно использовать и в электромобиле как наиболее удобные носители водорода.

В начале 2000-х гг. в НАМИ и ИМАШ РАН были разработаны экспериментальные образцы конверсионных установок риформеров для получения водородсодержащих газов (синтез-газа) из различных углеводородов. На основе данных, полученных в результате экспериментов, было показано, что ДМЭ – весьма удобное сырье для получения водорода методом паровой конверсии.

Паровая конверсия ДМЭ:



$\Delta H_{298}^0 = 135$ кДж/моль, где ΔH_{298}^0 энтальпия образования

Отличительной особенностью паровой конверсии ДМЭ является прежде всего сравнительно низкий температурный уровень процессов, что приводит к небольшим затратам подводимой энергии. Получение водорода паровой конверсией ДМЭ наиболее хорошо изучено особенно на металлических катализаторах, таких как медь, никель, палладий, платина и родий [10] [11].

Каталитическая реакции паровой конверсии ДМЭ (3) являются эндотермическими. Необходимость получения пара делает процесс несколько более энергоемким. Однако реакция протекает с хорошими выходами по водороду уже при температурах около 270...350 °С. Известный риформинг метана, повсеместно применяемый в промышленности для получения водорода, протекает при температурах в два раза выше.

Таблица 2 – Сравнительная характеристика энергоносителей для конверсии водорода

Сырье	Температура конверсии К	Содержание в смеси	
		H2, % мол.	CO, % мол.
Метан	1000	76	17,3
Пропан	700	74	7,2
Бутан	700	74	9,3
Метанол	533	74,4	4,3
Диметиловы й эфир	533	74,4	4,2

В заключение можно сказать, что на текущий момент использование ДМЭ не требует создания дорогостоящей дополнительной инфраструктуры, и существующая инфраструктура газового пропанового хозяйства подходит для работы с ДМЭ при минимальной модернизации.

Глобальный переход на ДМЭ для дизельных двигателей возможен по схеме двухтопливного питания без отказа от традиционного дизельного топлива на начальном этапе, что делает процесс перехода максимально гибким и эффективным.

В то же время одной из самых перспективных, а значит и одной из самых главных задач, является разработка и внедрение отечественных устройств паровой конверсии ДМЭ непосредственно на борту автомобиля с выходом чистого водорода для работы в паре с водородными топливными элементами на основе имеющихся отечественных разработок [12-15].

Библиографический список

1. Громов А. Новая энергополитика ЕС: заменят ли ВИЭ и водород российский газ? / А. Громов // Энергетическая политика. – 09.09.2020. – <https://energypolicy.ru/a-gromov-novaya-energopolitika-es-zame/energoperehod/2020/16/09/?ysclid=17iy3uuxqh64257435>
2. Шестаков Р. А. Методы хранения водородного топлива / Шестаков Р. А. Лаврова С. В. - 20 сентября 2021 в 15:17 Деловой журнал «Neftegaz.RU» №9 (117) 2021. (<https://magazine.neftegaz.ru/articles/vozobnovlyaemye-istochniki-energii/697617-metody-khraneniya-vodorodnogo-topliva/>)
3. Афанасьев С.В. Энергосберегающая технология синтеза метанола / С.В. Афанасьев, Д.И. // Тольяттинский государственный университет – 2014. Экология.
4. Афанасьев С.В. Технология переработки углекислого газа в метанол / С.В. Афанасьев, Д.И. Трофимов, С.П. Сергеев // Химическая техника. – 2016. – № 3. – <https://chemtech.ru/tehnologija-pererabotki-uglekislogo-gaza-v-metanol/?ysclid=17ixtum4hj786630528>
5. Гимаева А.Р. Особенности производства диметилового эфира и его использование в качестве перспективного моторного топлива / А.Р. Гимаева, М.М. Фаттахов, Б.Н. Мастобаев // Нефтегазовое дело. – 2015. – Т. 13. – № 3. – С. 55–58.
6. Ерофеев М.Н. Совершенствование систем очистки отработавших газов двигателей строительных, дорожных, транспортных машин и оборудования / М.Н. Ерофеев, И.Н. Кравченко, С.С. Амелин и др. – Балашиха: ВТУ, 2011. – 123 с.

7. Варламов В.Н. Разработка конструкции топливной аппаратуры строительных и дорожных машин для использования альтернативных видов топлива / В.Н. Варламов, М.Н. Ерофеев, И.Н. Кравченко и др. – Балашиха: ВТУ, 2009. – 74 с.

8. Патент РФ 2413854 ДИЗЕЛЬНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ, РАБОТАЮЩИЙ НА ГАЗООБРАЗНОМ ТОПЛИВЕ 13.07.2009

9. Патент РФ 2421503 ГАЗООБРАЗНОЕ ТОПЛИВО ДЛЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ С ВОСПЛАМЕНЕНИЕМ ОТ СЖАТИЯ 20.06.2011

10. Huang Ta-Jen. Kinetics of partial oxidation of methanol over a copper zinc catalyst / Ta-Jen Huang, Shiou-Lin Chren // *Appl. Catal.* – 1988. – Т. 40. – С. 43–47.

11. Alejo L. Partial oxidation of methanol to produce hydrogen over Cu-Zn-based catalysts / L. Alejo, R. Lago, M.A. Pena, et al. // *Appl. Catal. A.* – 1997. – Т. 162. – С. 281–297.

12. Кузнецов В.В. Моделирование паровой конверсии метанола в водород в микроканале с распределенным по длине тепловым потоком / В.В. Кузнецов, С.П. Козлов // *Теплофизика и аэромеханика.* – 2008. – Т. 15. – № 3. – С. 541–549.

13. Sherrard A. Groundbreaking held for the world's largest methanol fuel cell factory / Alan Sherrard // *Bioenergy International.* – 18.09.2019. – <https://bioenergyinternational.com/groundbreaking-held-for-the-worlds-largest-methanol-fuel-cell-factory/>

14. Keith D.W. A process for capturing CO₂ from the atmosphere / David W. Keith, Geoffrey Holmes, David St. Angelo, et al. // *Joule.* – 2018. – № 2. – С. 1573–1594. – [https://www.cell.com/joule/pdf/S2542-4351\(18\)30225-3.pdf](https://www.cell.com/joule/pdf/S2542-4351(18)30225-3.pdf)

15. Kothandaraman J. Conversion of CO₂ from air into methanol using a polyamine and a homogeneous ruthenium catalyst / Jotheeswari Kothandaraman, Alain Goeppert, Miklos Czaun, et al. // *Journal of the American Chemical Society.* – 2016. – Т. 138. – № 3. – С. 778–781. <https://www.semanticscholar.org/paper/Conversion-of-CO2-from-Air-into-Methanol-Using-a-a-Kothandaraman-Goeppert/c3800c0b96ab472330178411d76931343feb4d8a>

УДК 631.3

ВОПРОСЫ РЕМОНТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ ШЕЕК КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА

Липатова К. П., магистрантка

Научный руководитель: Каранетян М. А., д.т.н., профессор

*Российский государственный аграрный университет – МСХА имени
К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ*

Аннотация: В статье рассмотрены вопросы хронометража работы, восстановления шеек коленчатого вала. Дан хронометраж хода работы по восстановлению шеек коленчатого вала.

Ключевые слова: хронометраж, качество, восстановление, коленчатый вал, эффективность.

Шейки коленчатого вала представляют элементы внутреннего сгорания, обеспечивающие передачу кинетической энергии от поршней к приводящему в движение механизму. Однако они подвергаются воздействию различных факторов (например, динамические нагрузки, вибрации, тепловые циклы и т. д.), которые приводят к неизбежному износу, повреждениям.

Проблема износа, а также повреждений шеек коленчатого вала сопряжена с техническими и эксплуатационными последствиями. Нарушения геометрических параметров шеек не только снижают эффективность двигателя, но также вызывают последствия для общей надежности.

Коленчатый вал является элементом первостепенной важности в механизме внутреннего сгорания, обеспечивающим преобразование линейного движения поршней в крутящее движение, которое далее передается механизмам привода. Его роль заключается в том, чтобы преобразовывать энергию, генерируемую горячими газами внутри цилиндров, в механическую энергию, используемую для привода автомобильных двигателей. Помимо этого, коленчатый вал также служит элементом балансировки системы, снижая вибрации, обеспечивая плавность хода двигателя и т. д.

Рассмотрим некоторые факторы, воздействующие на износ шеек коленчатого. Динамические нагрузки, возникающие в результате циклического движения поршней, перекачивания рабочей среды внутри цилиндров, представляя источник износа шеек. Их интенсивность, направление нагрузок являются факторами в формировании поверхностных деформаций и микротрещин, способствующих износу.

Эксплуатационные температурные режимы являются следующим фактором. Высокие температуры, сопровождающие работу двигателей, способствуют термическим деформациям, окислению и др. процессам, ускоряющим процесс износа шеек коленчатого вала.

Воздействие агрессивных химических сред (например, продукты сгорания топлива, масла, антифриза) также влияют на формирование коррозии, химического изнашивания поверхности шеек. Химические факторы воздействуют на устойчивость материала.

В проведении анализа типов повреждений, представляющих континуум от общего износа до выраженных дефектов, необходимо рассмотреть различные формы деградации, которым подвергаются шейки коленчатого вала в процессе эксплуатации.

- Общий износ представляет начальную стадию, характеризующуюся постепенным удалением материала под воздействием многократных циклов нагрузки и разгрузки. Процесс обычно вызван поверхностным трением, приводя к появлению поверхностных абразий.

- Фатига материала является следующей ступенью, характеризующейся образованием микротрещин, мелких дефектов под воздействием циклических нагрузок. Микротрещины прогрессируют под воздействием нагрузок, приводя к потенциальным точкам сосредоточения напряжений.

- Воздействие высоких температур, характерных для эксплуатации двигателей, вызывают термические деформации (например, расширение, упрочнение материала др.). Следовательно, создаются неравномерные напряжения, способствующие образованию трещин, структурных дефектов и т. д.

- Дефекты также включают серьезные повреждения (например, трещины, кавитацию, зоны разрушения). Дефекты в основном являются результатом воздействия нагрузок, нарушения процессов тепловой обработки материала и др.

Ревизия методов диагностики состояния шеек коленчатого вала охватывает спектр подходов, направленных на определение функциональных характеристик данного элемента с целью раннего выявления дефектов. Производственные измерения включают оценку диаметра, длины шеек коленчатого вала с использованием высокоточных инструментов (микрометры, мерные инструменты и т. д.). Данные позволяют оценить деформации в геометрии шеек, являясь индикатором наличия износа. Также применяются технологии координатно-измерительных машин для получения трехмерных моделей шеек, выявления отклонений от заранее установленных норм. Металлографический анализ представляет исследование микроструктуры материала шеек коленчатого вала с использованием микроскопии. Сканирующая

электронная микроскопия используется для более высокоразрешающего анализа поверхности материала, выявления мельчайших дефектов, которые не видны при обычных методах.

При исследовании были использованы вероятностно-статистические приёмы анализа полученных данных. Для определения характера нарастания затрат проводились хронометражные исследования в соответствии с имеющейся методикой. Количество замеров (наблюдений) было установлено в зависимости от необходимой степени точности. Хронометраж проводился секундомером по каждому рабочему месту ремонтно-технологической линии. При этом учитывалось лишь технологическое время операций, а время перерывов из-за организационно-технических неполадок не учитывалось. Данные хронометража фиксируются в специальных картах хронометража.



Рис. 1 – Составные части коленчатого вала.

Ход выполнения работы

1 Дефектация коленчатого вала.

1.1 Установить коленчатый вал в призмах на поперочной плите.

1.2 Провести измерение диаметра шеек коленчатого вала, согласно схеме замеров.

1.3 Измерить радиус кривошипа вала, его изгиб, радиус галтелей и биение цилиндрических поверхностей. Результаты занести в таблицу для записи.

1.4 По результатам дефектации определить степень износа ремонтпригодность вала. Установить место максимального износа шеек и определить ремонтные размеры для перешлифовки коренных и шатунных шеек коленчатого вала.

2.1 Последовательность шагов подготовки станка к работе:

2.1 Проверятся состояние шлифовального круга и при необходимости производится его правка. Правка производится по периферии, торцам и по радиусу закругления круга алмазным карандашом при помощи специального приспособления к станку ЗА423. Алмазным карандашом при вращении круга и

при обильной смазочно-охлаждающей жидкости производят съём материала круга. При этом удаляются "засаленные" слои, обнажаются новые режущие зерна и круг приобретает необходимую форму. Радиус закругления проверяется профильными радиусными щупами на просвет. Подача алмаза при правке составляет 0,02 ... 0,05 мм на один двойной ход, а продольная подача 0.03...0,10 мм на один оборот круга.

2.2 Произвести настройку станка, установить принятую частоту вращения круга и изделия, при шлифовании шатунных шеек установить центросместители на радиус кривошипа шлифуемого коленчатого вала, подобрать и закрепить в планшайбах противовесы.

3 Шлифование шеек коленчатого вала:

3.1 Установить коленчатый вал в патронах: фланцем в передней бабке и шейкой под шкив в задней бабке.

3.2 Установить индикаторное приспособление и проверить биение шлифуемой шейки вала, которое должно быть не более 0.05 мм без учета овальности шейки. При большем биении производят выверку (центровку) вала при помощи центросместителей (в вертикальной плоскости) и поворотом вала в патронах (в горизонтальной плоскости).

3.3 Включить станок и прошлифовать шейку на необходимый размер.

В результате проведенного исследования, можно сделать выводы. В ходе анализа было подтверждено то, что износ и повреждения шеек коленчатого вала представляют неотъемлемую часть их эксплуатационного цикла, подвергаясь воздействию нагрузок, температурных факторов, химических агентов и др.

Методы диагностики состояния шеек коленчатого вала, ориентированные на измерения геометрических параметров, анализ материала, позволяют выявлять даже начальные стадии и дефектов, обеспечивая более точное выявление проблем.

Обобщая полученные результаты, можно заключить то, что оптимизированные процессы восстановления шеек коленчатого вала играют главную роль в повышении надежности двигателей, что является фактором для обеспечения долгосрочной производительности транспортных средств.

Библиографический список

1. Мочунова, Н. А. Вопросы оптимизации производственных процессов в ремонтном производстве сельскохозяйственного парка / Н. А. Мочунова, М. А. Карапетян // Международный технико-экономический журнал. – 2017. – № 6. – С. 101-106. – EDN YQXVDM.

2. Конкин Ю. А., Малыха Е. Ф. Методические подходы к оценке износа и остаточной стоимости машин // Международный технико-экономический журнал. 2011. № 2. С. 5-12.

3. Корнеев В. М., Катаев Ю. В., Вялых Д. Г. Обеспечение работоспособности техники в гарантийный период эксплуатации // Сельский механизатор. 2017. № 4. С. 39-40.

4. Технический сервис как основная составляющая инженерно-технического обеспечения агропромышленного комплекса / А. С. Дорохов, В. М. Корнеев, Ю. В. Катаев, Д. Г. Вялых и др. // Управление рисками в АПК. 2016. № 4. С. 46-57.

5. Карапетян, М. А. Механизация и автоматизация сельскохозяйственного производства / М. А. Карапетян, В. Н. Пряхин. – Москва : Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2013. – 216 с. – ISBN 978-5-89231-437-4. – EDN YDIATC.

6. Ватутин, М. Ю. Современные методы балансировки коленчатых валов / М. Ю. Ватутин, А. С. Апатенко // Чтения академика В. Н. Болтинского, Москва, 25–26 января 2023 года. Том 2. – Москва: ООО «Сам полиграфист», 2023. – С. 335-339.

УДК 658.58

МОДЕЛИ СТУПЕНЧАТЫХ ПЕРЕХОДОВ В РАЗВИТИИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Пенчук В. А., д.т.н., профессор,

Сидоров В. А., д.т.н., доцент,

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,
г. Макеевка, ДНР, Россия*

Аннотация. В работе предложено использовать для решения задач прогнозирования, предиктивной аналитики модели ступенчатых изменений в развитии технического состояния механического оборудования под влиянием внешних, внутренних факторов и результатов ремонтных операций.

Ключевые слова: механическое оборудование, техническое состояние, прогнозирование, модели отказов, ступенчатые переходы.

Введение. Изменения в подходах к эксплуатации механического оборудования на основании создания цифровых двойников требует информационного обеспечения оценки текущего состояния методами

технического диагностирования. Прогнозирование развития процессов деградации узлов механизмов, в настоящее время, наиболее часто реализуется на основании износных моделей, имеющих различные скорости развития повреждений на этапах приработки, длительной эксплуатации и ускоренного износа. В тоже время, в практике эксплуатации, отмечаются изменения категорий технического состояния за короткое время – от нескольких суток, до нескольких часов, которые могут быть охарактеризованы моделями ступенчатых переходов.

Целью исследования является определение причин возникновения ступенчатых переходов в техническом состоянии механического оборудования.

Материалы исследования. В развитии технической диагностики как науки, следует выделить несколько этапов [1].

1. Органолептическое диагностирование на основании анализа характера шума механизмов, ощущение вибрации, тактильного восприятия температуры начал своё формирование с момента появления первых паровых машин и достиг своего максимального развития в 50...60-х годах прошлого века.

2. Формирование технической диагностики как науки в 60...70-х годах. Теоретические основы сформированы работами Биргера И.А. [2], Карандеева К. Б., Пархоменко П.П. и др. В работе Герцбаха И.Б. и Кордонский Х.Б. впервые, для радиодеталей, упоминается о моделях допустимых значений, износных повреждений, ступенчатых переходов и действия нескольких независимых причин. В это же время появляется работа Иориша Ю. И. «Виброметрия. Измерение вибрации и ударов. Общая теория, методы и приборы.» - ставшая основой виброметрии механизмов.

3. Развитие средств диагностирования, портативных, анализаторов, встроенных систем контроля – 80...90-е годы. Производство измерительных приборов становится массовым, расширяются возможности диагностических приборов на основе микропроцессорной техники и компьютерных технологий.

Распространению знаний о методах технического диагностирования, о возможностях распознавания повреждений в значительной мере способствовали работы Коллакота Р.А., Голуба Е.С., Мадорского Е.З., Розенберга Г.Ш., Ширмана А.Р., Соловьева А.Д., Русова В.А., Гольдина А.С., Баркова А.В., Барковой Н.А., Балицкого Ф.Я., Ключева В.В. и др.

4. В начале 21-го века наибольшее распространение получило установка стационарных систем вибрационного и диагностического контроля. Разнообразие используемых датчиков, высокая скорость обмена данными потребовало разработки экспертных систем и решение проблемы оперативной обработки больших массивов данных для получения информационных сообщений [3, 4].

5. Накопление опыта работы служб технического диагностирования происходящее в 10...20-х годах требует уточнения используемых терминов, подходов к решению теоретических и практических задач при постановке диагноза. Прогнозирование является одной из задач технического диагностирования, поэтому расширение перечня моделей развития повреждений, определений их особенностей становится актуальным на данном этапе.

Необходимо отметить своевременное формирование нормативной базы применения методов технического диагностирования - стандарт ГОСТ 20911 – 89 Техническая диагностика и контроль технического состояния изделий. Термины и определения, серия стандартов ГОСТ ИСО 10816-1-97 Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Стандарты по менеджменту риска - ГОСТ Р 51901.11...15, базируются на исследовании опасности и работоспособности, анализе деревьев неисправностей и надёжности. Отсутствие методологической базы необходимой для изучения моделей развития повреждений при решении задач управления рисками для механического оборудования ограничивают возможности их применения.

Переход на ремонты по состоянию, является основным содержанием стандартов по обеспечению безотказности [5]. В соответствии с возможностями текущего уровня развития науки и техники появляется возможность создания математических и компьютерных моделей. Стандарт [6], устанавливает определение, общие положения и требования по созданию и применению цифровых двойников изделий. Практическая реализация данного стандарта также требует расширения моделей развития отказов.

Термин «техническое состояние», ставший основой технической диагностики требует уточнения при решении практических задач. Совокупность диагностических параметров может служить отражением категории технического состояния только с учётом действующей технологической нагрузки и качество периодически проводимого технического обслуживания и ремонта.

Предлагается следующее определение - техническое состояние – степень соответствия внутренних параметров системы внешним воздействиям и необходимости компенсации потери работоспособности путём проведения ремонтных операций, которые проявляются при изменении выходных параметров (физических полей). Это позволяет сформулировать целевую функцию деятельности ремонтной службы, как стабилизацию технического состояния оборудования в рассматриваемом временном интервале и определить необходимые диагностические параметры и периодичность их определения.

Модели ступенчатых изменений – должны учитывать постепенное накопление повреждений со скачкообразным изменением состояния объекта под влиянием внешних воздействий, взаимодействия внутренних параметров и проведения операций по техническому обслуживанию и ремонту. Математическое описание данных моделей обычно использует марковский процесс. Однако, отсутствие статистических данных о вероятности перехода из одного состояния в другое делает невозможным применение данного подхода для определения времени замены детали в конкретных условиях эксплуатации.

Пример внешних воздействий. Оценка состояния винтового компрессора (рис. 1а) проводилась по результатам измерения параметров вибрации и проводимого спектрального анализа вибрации. В течении 18-ти месяцев работы значения виброскорости составляли 3,6...5,2 мм/с (рис. 1б). В июле 2002 г., после аварийной остановки компрессора в результате отключения электроэнергии во время грозы отмечено резкое увеличение уровня вибрации. В систему компрессора попало значительное количество загрязняющего материала (гликоля) из-за повреждения теплообменной трубки в кожухо-трубном испарителе системы промежуточного охлаждения. Виброскорость компрессора через две недели составила – 12,0...16,0 мм/с. В этот период начался ускоренный износ ведомого ротора, что выразилось в износе подшипников, износе шейки вала, неравномерном износе ротора - внешнее воздействие окружающей среды, повреждения сопряжённых узлов привели к изменению картины износа.

Пример внутренних изменений. Установка сферических роликоподшипников на вал многоступенчатого компрессора ТВ-175-1 был обусловлен низкой долговечностью штатных шариковых подшипников при использовании пластичной смазки. Ограничения по частоте вращения данного вида подшипников приводили к периодическому разрушению роликоподшипников, что предупреждалось контролем параметров вибрации (рис. 2) и показаниям стационарной системы контроля температуры.

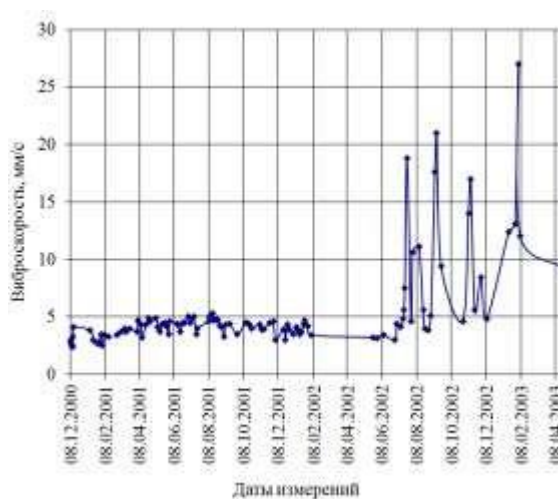
Перед разрушением зафиксировано повышение температуры подшипника до 65°C и снижение значения виброускорения в 3...4 раза из-за изменения трения качения на трение скольжения (рис. 2б). При замене подшипника следов проворота на валу и в корпусе не обнаружено.

Изменение виброускорения описывается полиномом 6-й степени указывает на полное отсутствие линейных зависимостей и невозможность прогнозирования при использовании традиционного подхода:

$$W = 3 \cdot 10^{-10} \cdot x^6 - 6 \cdot 10^{-5} \cdot x^5 + 5,7 \cdot x^4 - 0,3 \cdot 10^6 \cdot x^3 + 8 \cdot 10^9 \cdot x^2 - 10^{14} \cdot x + 8 \cdot 10^{17} \text{ (м/с}^2\text{)}.$$

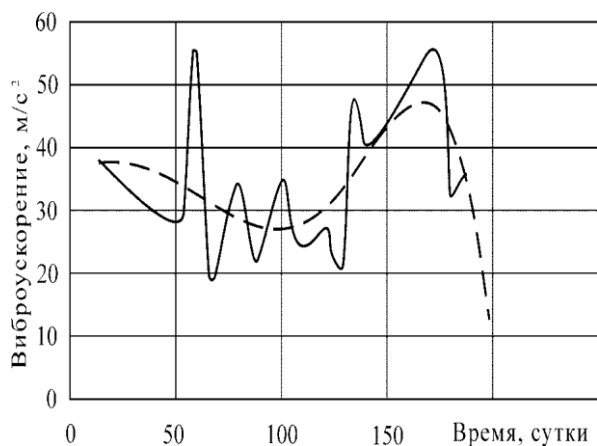


а)



б)

Рис. 1 – Общий вид (а) и тренд вибрации (б) винтового компрессора SAB-163



а)



б)

Рис. 2 – Изменение виброускорения (а) и характер разрушения роликоподшипника (б)

Непосредственно перед аварией отмечено снижение диагностического параметра. Последней стадии развития повреждения – разрушению, соответствуют наибольшие градиенты в изменении контролируемого параметра.

Примеры влияния ремонтных операций – наиболее многочисленны и связаны с восстановлением работоспособного состояния при дополнительном смазывании, затяжке резьбовых соединений, ликвидации повышенной податливости, замене изношенных деталей, центровке, балансировке и др.

Таким образом, скорость развития конкретной неисправности объекта, отображаемая изменением значения диагностического параметра может быть одним из подходов при постановке прогноза. Применение этого положения на

практике может приводить к возникновению аварийных ситуаций без учёта скорости изменения диагностического параметра, что наиболее характерно для моделей ступенчатых переходов в развитии технического состояния механизмов. Прошлое не определяет будущее, а может служить лишь аналогом неизменного соотношения внешних нагрузок, внутренних факторов и операций восстановления состояния. Возможное решение – введение в техническую систему регуляторов технического состояния [7].

Библиографический список

1. Седуш, В.Я. История технического обслуживания и ремонта в России. / В.Я. Седуш, В.А. Сидоров, А.Е. Сушко // Главный механик. декабрь. 2016. № 12 (162) - С. 39-54.
2. Биргер, И. А. Техническая диагностика [Текст] / И. А. Биргер. - Изд. 2-е. - Москва : URSS : ЛЕНАНД, сор. 2018. - 238, [1] с. : ил., табл.; 22 см. - (Классика инженерной мысли: машиностроение).; ISBN 978-5-9710-6012-3
3. Сушко, А.Е. Методология внедрения аппаратно-программных средств мониторинга технического состояния и диагностики прокатных станов по различным параметрам вибрации / А.Е. Сушко // Сталь, 2011. №5. - С. 60 – 65
4. Сидоров В.А. Особенности стационарных систем вибрационного контроля металлургических машин. ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2017;(12):73-84.
5. ГОСТ Р 27.606-2013. Надежность в технике. Управление надежностью. Техническое обслуживание, ориентированное на безотказность. М.: Стандартинформ, 2014. 34 с.
6. ГОСТ Р 57700.37—2021. Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения.
7. Нищета, В.В. Системы автоматизированного управления – классификация и применение / В.В. Нищета // Вибрация машин: измерение, снижение, защита. 2009. №4. – С. 36-41.

ТРЕБОВАНИЯ К ДАННЫМ ОБ ОТКАЗАХ ОБОРУДОВАНИЯ

Пенчук В. А., д.т.н., профессор,

Сидоров А. В.,

Сидоров В. А., д.т.н., доцент,

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,
г. Макеевка, ДНР, Россия*

Аннотация. В работе рассмотрены требования к данным об отказах оборудования, необходимые для последующего анализа показателей надёжности и эффективности эксплуатации.

Ключевые слова: оборудование, данные, отказы, требования.

Введение. Точность результатов ни одного аналитического метода не способна превысить точности исходных данных. Ошибки при установлении фактов порождают ошибки в результатах анализа. Это негативно сказывается на адекватности разрабатываемых на их основе корректирующих и предупреждающих действий, а также принимаемых управленческих решений. С другой стороны, анализ отказов оборудования требует учета особенностей предметной области, а потому общие требования к данным должны дополняться специфическими. Тем не менее, в базовых стандартах этому вопросу уделяется недостаточное внимание.

Целью исследования является формирование требований к данным об отказах оборудования, фиксируемых в агрегатных и цифровых журналах.

Материалы исследования. Стандарт [1] налагает требования по корректности и пригодности данных, собираемых для проведения анализа коренных причин (Root Cause Analysis, RCA), причем отдельно не раскрывая эти понятия. В стандарте [2], как и в его зарубежном аналоге [3], в числе требований к данным указываются следующие:

- наличие полного перечня данных в соответствии с техническими условиями (спецификацией);
- соблюдение терминологии параметров надежности, типов и форматов данных;
- точность ввода, передачи, обработки и хранения данных (вручную или в электронном формате);
- достаточная выборка и период сбора для обеспечения статистической достоверности;
- соответствие данных потребностям пользователей.

Указанные требования видятся неполными. Поэтому для обеспечения возможности эффективной обработки и анализа к данным об отказах оборудования, которые подлежат сбору и учету, предлагается предъявлять следующие требования, представленные на рис. 1.



Рис. 1 – Требования к данным об отказах оборудования

1. **Сопоставимость** данных является одним из базовых условий для осуществления их совместного анализа. Обеспечить сопоставимость позволяет формализация. Для этого рекомендуется:

1) при формировании наименования происшествия обеспечить:

а) единообразие названий, употребляемых для обозначения структурных подразделений предприятия, технических мест. Это может быть достигнуто путем разработки и использования соответствующих справочников (кодификаторов), в т. ч. в рамках информационной системы предприятия. Четкая иерархия обеспечивает сопоставимость и способствует сравнению тех данных, которые относятся к одному уровню, что позволяет избежать повторного учета одних и тех же событий, совместной работы с техническими происшествиями, которые относятся к различным уровням, и других ошибок в ходе анализа отказов оборудования, в особенности, при использовании автоматических методов обработки данных;

б) различение единиц оборудования, в разное время установленных на одном техническом месте. Это может быть выполнено, например, на основе данных бухгалтерского или складского учета. Так, в случае если отказы оборудования по одному техническому месту носят повторяющийся характер,

их формирование связано с условиями работы, в противном случае проявляются дефекты и повреждения, полученные на до эксплуатационных стадиях жизненного цикла, специфичные для конкретной единицы оборудования. На практике, как правило, оба этих процесса имеют место одновременно, отличаясь лишь степенью влияния на техническое состояние оборудования. Их различие способствует разработке адекватных и действенных мероприятий;

в) использование единообразных обозначений характера технического происшествия (авария с указанием категории, инцидент), в т. ч. с учетом требований нормативных актов и технических регламентов;

2) при описании обстоятельств технического происшествия применять установленную терминологию, особенно при идентификации неисправностей. При описании дефектов и повреждений детали либо узла следует указывать дату установки, а также сведения о предыдущей эксплуатации, если деталь либо узел не новые;

3) в части причины технического происшествия, а также способствовавших его возникновению технических и организационных факторов составлять формулировки на основе классификации этапов жизненного цикла оборудования, дополняя их необходимой детализирующей информацией: конструктивный недостаток; дефект изготовления; повреждение при транспортировании или хранении; ошибка монтажа или наладки; физическое старение (износ, коррозия и т. п.); нарушение требований к эксплуатации; нарушение требований к ТОиР; воздействие случайного внешнего фактора; прочие причины, в т. ч. неустановленные.

При учете данных об отказах оборудования важно обеспечить оптимальное соотношение между формализацией и детализацией. Формализация позволяет выявлять общие закономерности и тенденции, а детализация – действие особых факторов, которые специфичны для данного конкретного отказа.

2. Достоверность данных об отказах оборудования обеспечивается их адекватностью и репрезентативностью.

2.1. Под *адекватностью* понимается соответствие параметров, удовлетворительное с точки зрения поставленных целей, которое подразумевает исключение ошибок регистрации, искажения данных. Это достигается [4], формализацией и регламентацией структуры и порядка заполнения учетных форм, а также, обеспечением непротиворечивости данных с прочими, которые характеризуют техническое происшествие (данными первичного учета, показаниями регистрирующих и контрольно-измерительных приборов и т. д.).

2.2. Достоверность результатов, полученных посредством применения статистических методов анализа данных, во многом определяется

репрезентативностью выборки, под которой понимается соответствие ее характеристик генеральной совокупности. В общем случае эмпирически рекомендуемый объем выборки составляет не менее 30 реализаций, что позволяет добиться допустимого уровня погрешности получаемых результатов. Далеко не все предприятия имеют достаточный парк однотипного оборудования, а временные рамки исследования зачастую ограничены, с одной стороны, эксплуатационной идентичностью оборудования и имеющимися учетными сведениями об отказах, а с другой стороны, необходимостью формирования управленческих решений в текущей ситуации.

Под *эксплуатационной идентичностью* понимается состояние оборудования, при котором показатели, которые характеризуют его эксплуатацию, могут рассматриваться как реализации одной генеральной совокупности. Эксплуатационная идентичность считается утраченной в следующих случаях (включая, но не ограничиваясь): изменение условий эксплуатации; изменение методов и средств ТОиР; воздействие случайных внешних факторов; замена смазки, запасных частей оборудования на аналоги либо имеющие проблемы, которые связаны с до эксплуатационными стадиями жизненного цикла; реконструкция, модернизация и др.

Во всех указанных случаях нарушается условие эксплуатационной идентичности оборудования, что требует учета соответствующих изменений либо вообще делает невозможной совместную статистическую обработку.

3. К данным, наряду с сопоставимостью и достоверностью, предъявляются дополнительные требования с точки зрения адаптации к потребностям последующего анализа. К *потребительским качествам* данных относятся:

3.1. *Востребованность*, что определяется фиксацией в актах технического расследования, эксплуатационных, агрегатных и других журналах, информационных системах учета сведений, подлежащих обработке, исходя из целей и задач анализа.

3.2. *Своевременность*, что определяется применением для анализа актуальных данных, соответствующих текущей эксплуатационной идентичности оборудования, а также оперативностью их использования.

3.3. *Доступность*, что определяется возможностью быстрого получения необходимых данных без выполнения существенного объема работ по предварительной подготовке, благодаря формализации, структурированию документации и автоматизации учета технических происшествий.

3.4. *Интерпретируемость*, что определяется возможностью разобраться в данных, должным образом использовать и анализировать их без привлечения специалистов, осуществлявших фиксацию (также достигается путем формализации и использования установленной терминологии).

Закрепление в корпоративных стандартах предприятий приведенных требований по организации учета данных, а также автоматизация и цифровизация позволяют минимизировать ошибки и повысить эффективность установления фактов, обеспечить соответствие получаемых результатов и действенность формируемых на их основе мероприятий.

Библиографический список

1. IEC 62740:2015. Root cause analysis (RCA).
2. ГОСТ Р 70841-2023 (ИСО 14224:2016). Нефтяная и газовая промышленность. Сбор и обмен данными по надежности и техническому обслуживанию оборудования.
3. ISO 14224:2016, Petroleum, petrochemical and natural gas industries – Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment, MOD.
4. Сидоров, А. В. Руководство по управлению отказами оборудования / А. В. Сидоров, В. А. Сидоров. – Донецк: Издатель Александр Сидоров, 2023. – 528 с. ISBN 978-5-600-03588-1

УДК 631.3

ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И РЕСУРСА ХОДОВОЙ ЧАСТИ ГУСЕНИЧНОГО ТРАКТОРА ПРИ КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ

Прокофьев М. М., магистрант

Научный руководитель: Каранетян М. А., д.т.н., профессор,

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ

Аннотация: Выполнена оценка эффективности капитального ремонта ходовой части гусеничных тракторов в концепции повышения работоспособности тракторов в целом.

Ключевые слова: трактор, капитальный ремонт, ходовая часть, гусеницы.

Как известно, ходовая часть гусеничного трактора состоит из трех основных узлов:

Остов – выполняет несущую функцию. Иными словами, эту конструкцию можно назвать каркасом. Эта система, выполняет функцию соединения и расположения между собой остальных узлов ходовой части гусеничного трактора. Наиболее устойчива к влиянию внешней среды, так как не часто взаимодействует с почвой во время работы трактора.

Движитель – воспринимает от всех установленных агрегатов, а зачастую и от трансмиссии, момент нагрузки, который и превращает в поступательное перемещение по заданной траектории. Движителем для трактора являются либо колеса, либо гусеницы. Гусеничная лента, как правило, наиболее восприимчив к факторам внешней среды, а также разрушительному воздействию почвенного состава земли, равно как и повышенной силы трения.

Подвеска – соединяет мосты с кузовом (рамой), передает вес спецтехники на почву, смягчает вибрации, удары и толчки, тем самым улучшая плавность хода, стабильность и устойчивость трактора во время перемещения и работы в полевых условиях на неровной поверхности.

Самая важная задача трактора при выполнении сельскохозяйственных работ - это снижение удельного давления на грунт, чтобы во время работы в полевых условиях минимизировать ущерб, нанесенный плодородному слою почвы, а также культурным растениям. [3, 5]

Для этого можно использовать различные полимерные материалы, которые обладают необычайной легкостью, по сравнению со стандартной металлоконструкцией.



Рис. 1 – Устройство ходовой части гусеничного трактора

К примерам применения полимеров в машиностроительной отрасли, можно обратиться к автомобильному производству. Так используются следующие виды композитных материалов:

- ПВХ, расшифровывающийся как поливинилхлорид, используется в производстве изоляционных материалов для корпуса и металлоконструкции автомобиля.
- Полиуретан применяется для изготовления втулок, различных манжетов, сайлентблоков и прочих деталей автомобиля.

- Широко применяется полиамид для конструирования и эксплуатации в приводных деталях, шестеренках и так далее.
- Важно упомянуть поликарбонат, который может заменить огромное количество металлических деталей машин, благодаря своим техническим свойствам, так как является исключительно ударопрочным и стойким материалом.

Все выше перечисленное применение полимеров связано с их особыми свойствами, которые в зависимости от состава, можно регулировать и применять для замены различных узлов и деталей. Так повышается износостойкость и ресурс работы техники, а также её надежность, ремонтпригодность и долговечность. Ведь с увеличением производства различных пластмасс и других полимеров, уменьшается себестоимость изготовления необходимых компонентов для капитального ремонта как трактора в целом, так и ходовой части гусеничного трактора, в частности.

Предлагаю перенять опыт использования полимеров в мировом автомобилестроении и применить его для тяжелого машиностроения, направленного на обеспечение сельского хозяйства, жилищно-коммунального хозяйства, а также строительной отрасли Российской Федерации.

В ходовой части гусеничных тракторов присутствует огромное количество трущихся деталей и механизмов, которые изнашиваются с высокой скоростью и требуют капитального ремонта. [4]



Рис. 2 – Детали, изготовленные из полиамида

Одним из видов полимера на основе полиамида является капролон. Капролон это искусственно созданный материал, также известный под названием полиамид 6. Эксплуатационные характеристики данного полимера позволяют применять его в разных сферах. Он нашел применение вместо стали и бронзы в автомобилестроении. Из него изготавливаются детали узлов трения, различных роликов и блочных механизмов, к которым предъявляются высокие требования по износостойкости и долговечности. [2, 6]

Сравнительное исследования силы трения, создаваемой между такими материалами, как сталь о сталь и сталь о полиамид. Было установлено, что коэффициент трения стали о сталь выше, чем стали о полиамид ПА-6. [1]

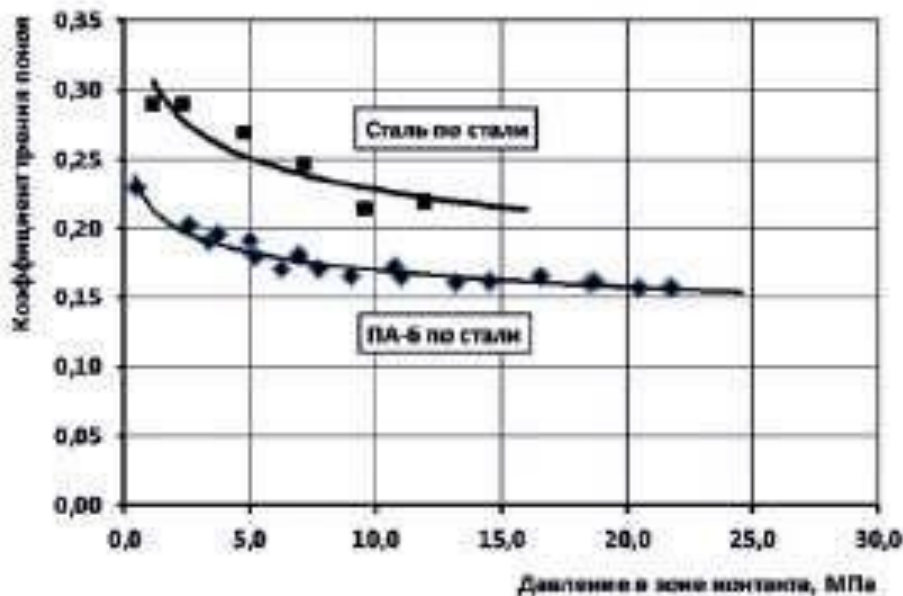


Рис. 3 – Сравнение трения полимера и стали о сталь

Преимуществами полимерных материалов как альтернатива стальных компонентов можно считать следующие характеристики:

- Расширение возможностей производства изделий различных конфигураций за счет легкости обработки материала;
- Изготовление готовых изделий и их элементов, без необходимости процесса постобработки; [7]
- Производство крупных, серийных партий деталей сложной конфигурации без необходимости применения и разработки трудоемких технологических операций;
- Высокая скорость производства необходимых компонентов машиностроительной направленности;
- Возможность применения 3D печати в производстве;
- Увеличение срока службы готовых изделий за счет особого химического и физического состава полимеров.

К недостаткам можно отнести следующее:

- Дороговизна оснащения производства новым оборудованием, предназначенным для реализации полимеров.

Таким образом, считаю целесообразным применение полимеров в ходовой части гусеничных тракторов. Такое решение позволяет увеличить срок службы трущихся деталей, а также повысить ремонтпригодность обслуживаемых узлов и агрегатов трансмиссии.

Библиографический список

1. Кущенко, А. В. Исследование коэффициента трения покоя полиамидного покрытия по стали / А. В. Кущенко, А. Я. Башкарев, В. Ф. Корелин // Современные наукоемкие технологии. – 2015. – № 1-1. – С. 42-46.
2. Шафигуллин, Л. Н. Исследование высокотехнологичных композиционных материалов с заданными физико-механическими свойствами для изделий машиностроения : специальность 05.02.01 : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Шафигуллин Ленар Нургалеевич. – Набережные Челны, 2009. – 247 с.
3. Карапетян, М. А. Повышение эффективности технологических процессов путём уменьшения уплотнения почв ходовыми системами сельскохозяйственных тракторов : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Карапетян Мартик Аршалуйсович. – Москва, 2010. – 48 с.
4. Карапетян, М. А. Обоснование применения тракторов с модернизированными гусеничными движителями / М. А. Карапетян, Ю. П. Добрачев // Международный технико-экономический журнал. – 2011. – № 3. – С. 98-102.
5. Карапетян, М. А. Воздействие ходовых систем машинно-тракторных агрегатов на плодородие почв / М. А. Карапетян, Н. А. Мочунова. – Москва: Издательство ООО "Мегаполис", 2017. – 147 с.
6. Леонов, О. А. Теоретические основы расчета допусков посадок при ремонте сельскохозяйственной техники / О. А. Леонов // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2010. – № 2(41). – С. 106-109.
7. Леонов, О. А. Процессный подход при расчете затрат на качество для ремонтных предприятий / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2007. – № 2(22). – С. 94-98.

УДК 631.12; 62-791.2

ИНФОРМАЦИОННО-ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

Саяпин А. С., мл. науч. сотр.,

Петрищев Н. А., к.т.н., ст. науч. сотр.

Пестряков Е. В., мл. науч. сотр.

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, г. Москва, РФ

Аннотация. В статье представлен анализ и обоснование необходимости совершенствования подходов к диагностированию. Представлены примеры опытных разработок – цифровых информационно-диагностических средств для оценки технического состояния сельскохозяйственной техники.

Ключевые слова. диагностирование, мониторинг, техника, цифровое сельское хозяйство, надежность, информационно-диагностические средства.

Введение. Для обеспечения своевременного выполнения основных сельскохозяйственных работ в РФ широко используются энергонасыщенные трактора. Это позволяет владельцам за счёт использования современных технологий и одновременного выполнения нескольких технологических операций добиться более высоких показателей урожайности и прибыли. Однако необходимо учитывать, что данная техника достаточно дорогостоящая, имеет сложную конструкцию узлов, агрегатов, и для обеспечения эффективной эксплуатации требует оперативной и достоверной оценки технического состояния для управления надёжностью в процессе эксплуатации.

Совершенствование средств и методов диагностирования в течении жизненного цикла техники позволяет обеспечить своевременность выполнения ремонтно-обслуживающих воздействий, и, тем самым, минимизировать эксплуатационные затраты, повысить эффективность её использования.

Цель работы – разработка многофункциональных информационно-диагностических цифровых средств (ИДС) для мониторинга и диагностирования технического состояния узлов и агрегатов энергонасыщенной техники.

Задачи исследования: провести анализ требований, выявить возможности для совершенствования средств контроля технического состояния, разработать цифровые средства для диагностирования и мониторинга технического состояния.

Материалы и методы. Анализ работ ГОСНИТИ [1, 2] дал точек на совершенствования средств для оценки технического состояния. С учетом стремительного развития компонентной базы и большого разнообразия датчиков

стало возможным использовать накопленный опыт и методики оценки технического состояния на уже современном уровне. За последние годы по решению проблем контроля функциональных характеристик, потребительских качеств техники проведена значительная работа, разработаны стратегии, стандарты, утверждены нормативы, осуществляется господдержка, которые позволили значительно стимулировать производство. Однако, требуются поиск решений подходов для повышения эффективности эксплуатации за счёт мониторинга и диагностирования технического состояния узлов и агрегатов для осуществления своевременного сервисного обслуживания энергонасыщенной техники. Что, в свою очередь, позволит снизить совокупную стоимость владения техникой и повысить рентабельности сельскохозяйственных предприятий.

Результаты исследования

Современная энергонасыщенная техника зарубежного производства ведущих мировых фирм, характеризуется наличием CAN-технологии ISOBUS цифрового обмена, а также управляющих контроллеров (ECU) в агрегатах позволяющих комплексно выполнять протокол, лицензии производителей и стандартов SAE для оптимизации технического сопровождения и управления жизненным циклом сельскохозяйственной техники. В настоящее время диагностирование большей части узлов и агрегатов отечественных тракторов осуществляется применения (разработанных ещё в 70-80 е годы в ГОСНИТИ) средств диагностирования на участках и пунктах технического обслуживания [3].

Необходимо отметить, что вопросы контролепригодности приспособленности к диагностированию сельскохозяйственной техники не всегда являются приоритетными направлениями при конструировании и изготовлении сельскохозяйственной техники. Такой подход условиях эксплуатации не может эффективно использоваться для сравнительной или экспертной оценки степени расходования ресурса, так техническое обслуживание производится только исходя значений наработки двигателя, а не состояния узлов и агрегатов отдельных систем.

Соответственно применение систем мониторинга должно снизить время и повысить полноту контроля технического состояния, позволят экономить материальный и временные ресурсы для обеспечения ресурсосбережения [4].

Для повышения функциональных характеристик тракторов, по нашему мнению, необходимо при дальнейшей реализации отраслевого проекта «Цифрового сельского хозяйства» в первую очередь необходимо обеспечить возможность использования мониторинга технического состояния для сервисного сопровождения с наименьшими издержками [5].

В основу системы мониторинга должна входить система внешних и встроенных ИДС, как средств диагностирования, позволяющих определять технического состояния по установленным пороговым величинам, характеризующими номинальное, допускаемое, предельное состояние. Это в свою очередь позволит проводить приоритеты в обслуживании исходя состояния и условий эксплуатации отдельных систем. Выбор и обоснование оптимального количества параметров, определяющих техническое состояние, является достаточно трудной задачей, поэтому на первых этапах исследования нами использовалась номенклатура известных диагностических критериев, для которых ранее в ГОСНИТИ были разработаны диагностические средства. И на этой основе были разработаны опытные образцы на базе микропроцессорных программируемых устройств [6, 7].

В результате проведенных постановочных опытов разработан ИДС реализующий амплитудно-фазовый метод для оценки состояния гидравлических насосов в ДВС и КПП, подшипников, валов (рис. 1). Так же разработан ИДС учитывающий: разность и скорость изменения температуры, анализ температурных диапазонов рабочей жидкости; количество циклов и времени работы фрикционных дисков; контроль передаточных отношений в ГСТ, КПП и клиноремненных передачах (рис. 2).



Рис. 1 – ИДС при контроле насоса по коэффициенту пульсации давления



Рис. 2 – ИДС при контроле диапазонов температуры рабочей жидкости при эксплуатации

На основе информации от ИДС возможно совокупно решать следующие задачи:

- изучение динамики изменения функциональных параметров элементов;
- причинно- следственные связи скорости изменения величин исследуемых параметров;
- определение наличия человеческого фактора при эксплуатации и др.

Достижение высокой экономической эффективности и решение задач управления надежностью техники в настоящее время невозможно без комплексного подхода к обмену данными между производителями и

потребителями техники за счёт внедрения цифровых технологий передачи данных для оценки технического состояния машин. Быстрый обмен исходной информацией является базовым принципом при разработке решений в области диагностирования для последующего анализа и оценки по принятым производителем критерием технического состояния. Соответственно экономическая эффективность внедрения средств цифрового мониторинга должна оцениваться по эффективности - повышение показателей производительности, степени загрузки и использования техники.

Выводы

1. При разработке и выпуске новых (модернизированных) тракторов необходим комплексный подход не только для обеспечения сельхозтоваропроизводителей возможностью использования современных агротехнологий, но и возможностью использовать современные средства информационно-диагностические средства для мониторинга отдельных узлов и агрегатов.

2. Одним из путей повышения эффективности использования сельскохозяйственной техники при реализации проекта «Цифрового сельского хозяйства» является: повышение контролепригодности и приспособленностью к диагностированию; разработка и внедрение цифровых средств мониторинга, что позволит оказывать минимизировать затраты на ремонт дорогостоящих компонентов, при этом стоимость средств контроля составляет доли процентов от стоимости новых агрегатов.

3. Получаемые данные с информационно-диагностических средств помогут владельцу получить необходимую информацию для обеспечения эффективности и снижения стоимости владения техникой, что в конечном итоге снизит себестоимость продукции и повысит конкурентоспособность предприятия.

Библиографический список

1. Черноиванов, В. И. Развитие системы ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка / В. И. Черноиванов // История науки и техники. – 2019. – № 12. – С. 11-19.

2. Дунаев, А. В. О разработке в ГОСНИТИ методов и средств управления надежностью сельскохозяйственной техники / А. В. Дунаев, М. Н. Костомахин // Технический сервис машин. – 2020. – № 1(138). – С. 196-206.

3. Черноиванов, В. И. Цифровые технологии и электронные средства в системе технического обслуживания и ремонта автотракторной и комбайновой техники / В. И. Черноиванов, И. И. Габитов, А. В. Неговора // Труды ГОСНИТИ. – 2018. – Т. 130. – С. 74-81.

4. Дорохов, А. С. Цифровые системы диагностики технического состояния автотракторной техники / А. С. Дорохов, Ю. В. Катаев // Чтения академика В. Н. Болтинского : Сборник статей, Москва, 25–26 января 2022 года. Том Часть 1. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Сам Полиграфист", 2022. – С. 118-123.

5. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство»: официальное издание. М.: Росинформагротех. 2019. 48 с.

6. Катаев Ю.В., Костомахин М.Н., Петрищев Н.А., Саяпин А.С., Молибоженко К.К. Повышение уровня технического обслуживания энергонасыщенной техники // Техника и оборудование для села. 2022. N9(303). С. 28-32.

7. Катаев Ю.В., Костомахин М.Н., Петрищев Н.А., Саяпин А.С., Казакова В.А., Пестряков Е.В. Экспериментальный образец счетчика-индикатора для мониторинга технического состояния воздухоочистителя двигателя трактора // Техника и оборудование для села. 2023. N7(313). С. 28-33.

УДК 621.86.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЧАСТКА ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА ДИЗЕЛЬНОЙ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ

Тельнова О. А. студентка 3 курса

Научный руководитель: Тойгамбаев С. К., д.т.н., доцент

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ

Аннотация: В данной статье приводятся расчеты по определению площади и оснащенности материально техническими средствами участка по ремонту и наладке топливной аппаратуры высокого давления дизелей.

Ключевые слова: участок; помещение; фонд времени; форсунка; дефектация; ресурс соединений; планировка.

В соответствии с нормативными требованиями к помещениям для ремонта дизельной топливной аппаратуры предъявляются определенные стандартные известные требования [4; 5]. Номинальный годовой фонд времени работы рабочих и оборудования определяем по формуле:

$$\Phi_H = (K_p \cdot t_{cm} - K_{II} \cdot t_c) \cdot n, \quad (1)$$

Где K_p - количество рабочих дней в году (при пятидневной рабочей неделе $K_p = 253$);

$t_{см}$ - продолжительность рабочих смен, принимаем 8,0 ч;

K_n - количество праздничных дней в году, принимаем 9;

t_c - время, на которое сокращается рабочая смена в предпраздничные дни, принимаем 1 ч; n - число смен;

Действительный годовой фонд времени рабочих ($\Phi_{ДР}$) определяем как разность номинального годового фонда и величины неизбежных потерь рабочего времени:

$$\Phi_{ДР} = (\Phi_n - K_o \cdot t_{см}) \cdot \eta_p, \quad (2)$$

где K_o - общее число календарных дней отпуска в году (согласно трудовому кодексу РФ, принимается равным $K_o = 24$ дня);

$t_{см}$ - продолжительность рабочей смены,

$t_{см} = 8,0$ ч;

η_p - коэффициент потерь рабочего времени по болезни, командировкам и другим уважительным причинам, принимаем $\eta_p = 0,9$.

Действительный годовой фонд времени оборудования ($\Phi_{ДО}$) определяем с учетом простоев оборудования в планово-предупредительном ремонте, выполняемом в рабочее время:

$$\Phi_{до} = \Phi_n \cdot \eta_o, \quad (3)$$

где η_o - коэффициент использования оборудования, принимаем $\eta_o = 0,96$.

Определение годовой трудоемкости работ на участке. При расчете производственной программы принимаем следующие исходные данные [5]:

Годовая трудоемкость текущего ремонта ДТА составит:

$$\sum T = T \cdot A, \quad (4)$$

где T - трудоемкость текущего ремонта одного комплекта ДТА, чел.-ч.

Списочное количество рабочих определяем по формуле [5]:

$$P_{СП} = \frac{T_{Г}}{(\Phi_{ДР} \cdot K)}, \quad (5)$$

где $T_{Г}$ - годовая трудоемкость работ на участке, чел.-ч.;

$\Phi_{ДР}$ - действительный годовой фонд времени работы рабочих, ч;

K - планируемый коэффициент перевыполнения норм выработки ($=1,05 \dots 1,15$), принимаем $K = 1,1$.

Явочное количество определяется по формуле:

$$P_{ЯВ} = \frac{T_{Г}}{(\Phi_{НР} \cdot K)}, \quad (6)$$

где $\Phi_{НР}$ - номинальный годовой фонд времени работы рабочих, ч.

Для предприятий технического сервиса количество вспомогательных рабочих принимают в размере 12...15% от количества производственных рабочих:

$$P_{BC} = \frac{P_C \cdot 14\%}{100\%}, \quad (7)$$

Количество вспомогательных рабочих $P_{BC} = 1$ чел. [3]:

Потребное количество испытательного оборудования определяем по формуле [3]:

$$S_u = \frac{N \cdot t_u \cdot C}{\Phi_{до} \cdot n \cdot \eta}, \quad (8)$$

где N - годовая программа испытуемых деталей и сборочных единиц, шт.;

t_u - время испытания с учетом проведения монтажных работ, ч;

C - коэффициент, учитывающий возможность повторного испытания, $C = 1,05 \dots 1,10$;

$\Phi_{до}$ - действительный фонд времени оборудования за планируемый период, ч;

n - количество смен работы оборудования; η - коэффициент использования оборудования по времени (0,9...0,95).

Принимаем количество испытательных стендов $S_u = 1$.

Производственную площадь рассчитываем по площади, занимаемой оборудованием и коэффициенту рабочей зоны по формуле:

$$F = \sum F_0 \cdot K, \quad (9)$$

где $\sum F_0$ - суммарная площадь, занимаемая в компоновочном плане оборудованием, м²;

K - коэффициент, учитывающий рабочую зону установленного оборудования, состоящую из проходов, проездов и расстояний от оборудования до строительных конструкций и между отдельными единицами оборудования.

При расчете площади участка знание коэффициента принимаем $K = 4,0$.

Выводы

Разработанное планировочное решение участка технического сервиса дизельной топливной аппаратуры, не является абсолютной для всех. Предприятия могут оснащать участок более современными приборами и стендами, также как и изменять параметры помещения.

Библиографический список

1. Гусев С.С., Боярский В.Н. Регенерация отработанных моторных и гидравлических масел при эксплуатации автотракторной и сельскохозяйственной техники./ Вестник ФГБОУ ВПО "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". 2015. № 2. С. 76.

3. Карапетян, М. А. Совершенствование технологий и управление технологическими процессами сельскохозяйственного производства : Учеб.

пособие / М. А. Карапетян, В. Н. Пряхин ; М. А. Карапетян, В. Н. Пряхин. – Москва : Компания Спутник+, 2005. – 161 с. – ISBN 5-93406-908-X. – EDN QKXFFZ.

4. Karpuzov V., Golinitzkiy P., Cherkasova E., Antonova U., Toygambaev S. Development of knowledge management process at the enterprise of technical service of the agro-industrial complex. В сборнике: Journal of Physics: Conference Series. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. Krasnoyarsk, Russian Federation, 2020. С. 12031.

5. Тойгамбаев С.К., Евграфов В.А. Выбор критериев оптимизации при решении задач по комплектованию парка машин производственных сельскохозяйственных организации. / В сборнике: Доклады ТСХА. 2019. С. 317-322.

6. Улюкина Е.А., Апатенко А.С., Гусев С.С., Андреев А.А.. Эксплуатационные материалы./ Практикум. Москва, 2022. 188с.

7. Карапетян, М. А. Технические средства и методы защиты гидромелиоративных объектов : учеб. пособие / М. А. Карапетян, В. Н. Пряхин ; М. А. Карапетян, В. Н. Пряхин. – Москва : Компания Спутник+, 2004. – 150 с. – ISBN 5-93406-784-2. – EDN QNKVBD.

УДК 681.518.5

ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ УСТРОЙСТВ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ УЗЛОВ МЕХАНИЧЕСКИХ ТРАНСМИССИЙ

Тимашов Е. П., д.т.н., доцент,

*Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина,
г. Белгород, РФ*

Аннотация. В статье рассмотрено современное состояние технологий, способов и технических средств для автоматической диагностики узлов механических трансмиссий. Проанализированы конструкции устройств автоматической диагностики и выработан комплекс критериев, для их оценки.

Ключевые слова: автоматическая диагностика, трансмиссия, надежность, микроконтроллер.

Введение. Современный уровень развития электронных устройств и цифровых технологий открывает широкие перспективы для автоматизации операций технической диагностики. Уже несколько десятилетий существуют стандарты, технологии, способы и устройства для автоматической диагностики

двигателей внутреннего сгорания с автоматической системой управления впрыском топлива. При этом функция автоматической диагностики системы управления двигателем является вторичной, и обеспечивается наличием группы датчиков и компьютерным алгоритмом, реализуемым электронным блоком управления. Аналогичные функции автоматической диагностики реализованы в агрегатах автоматической трансмиссии автомобилей. Опять же, и в этом случае функция диагностики является вторичной, результатом работы микроконтроллера, управляющего режимами трансмиссии.

Таким образом, с одной стороны существуют наработки в создании технологий, способов и устройств для автоматической диагностики некоторых агрегатов техники, а с другой – острая потребность в автоматизации диагностики агрегатов и узлов, пока не охваченных такими технологиями, например, механических трансмиссий [1, 2].

Разработка технологий, способов и устройств автоматической диагностики узлов механических трансмиссий позволит получить существенный экономический эффект во-первых, за счет снижения трудоемкости технического обслуживания, а во-вторых за счет снижения экономических потерь, возникающих при вынужденных простоях техники из-за отказов узлов механических трансмиссий [3].

Механические трансмиссии современных тракторов содержат большое количество узлов, ограничивающих их надежность. Например, для того чтобы вручную провести диагностирование одного из подшипников коробки перемены передач, необходимо практически полностью разобрать агрегат трансмиссии. То есть, только для получения диагностической информации, необходимо затратить существенную трудоемкость. Такая проблема частично решается при строгом соблюдении регламентов технического обслуживания и ремонта, но не устраняет полностью возможность вынужденных простоев по техническому состоянию. Экономические простои для сельскохозяйственной техники могут составлять для зерноуборочных комбайнов – 10 000 руб. [4], для тракторов – 1 814 руб. [5].

Цель и задачи исследования - разработать критерии, которым должны соответствовать устройства для автоматической диагностики узлов механических трансмиссий.

Условия, материалы и методы исследования. Используются результаты научных исследований применения систем автоматической диагностики для подшипников различных типов. Проанализированы конструкции и технические характеристики устройств автоматической диагностики узлов механических трансмиссий.

Результаты исследования. Попытки решения проблемы автоматической диагностики узлов механических трансмиссий на уровне промышленных разработок предпринимались такими зарубежными компаниями, как KONGSBERG (Норвегия), 4B BRAIME ELEVATOR COMPONENTS LTD (Великобритания), SKF (Швеция).

В России разработано устройство для автоматической диагностики подшипников скольжения судовых дизелей ТЕРМОКОНТ. Разработанное устройство позволяет проводить непрерывное измерение температуры подшипника скольжения с подвижной осью вращения с использованием беспроводной технологии передачи информации о его температуре. Датчик устройства установлен в непосредственной близости к зоне трения подшипника скольжения, для чего в подшипнике выполнено соответствующее отверстие. Устройство является многоканальным, что позволяет выполнять одновременное измерение температуры нескольких подшипников [6].

В зарубежных разработках также применяют установку датчика температуры в непосредственной близости к зоне трения подшипника скольжения, для чего выполняют глухое или сквозное отверстие с нарушением баббитового слоя. Помимо измерения температуры подшипников, измерительные системы снабжаются датчиками виброскорости и виброускорения для комплексного подхода к диагностированию узла.

Применение датчиков температуры к подшипникам качения вызывает существенные затруднения. Конструкцией колец подшипника не предусмотрено выполнение отверстий в их материале, так как это ослабит их несущую способность и существенно снизит долговечность. На уровне патентных разработок существуют технические решения, позволяющие внедрить термочувствительные элементы в материал дорожек качения. Основным недостатком таких решений заключается в необходимости измерения конструкции подшипников качения и технологии их изготовления в сторону усложнения, а значит и удорожания в производстве.

Возможное решение проблемы заключается в применении косвенного измерения температуры, например, на поверхности корпуса подшипникового узла, с последующим вычислением температуры в зоне трения [7]. В этом случае необходимо установить не только зависимость между температурами в разных зонах, но и учесть влияние температуры смежных источников тепловыделения и также влияние окружающей среды.

Исключительно контроль величины температуры узлов механических трансмиссий не является диагностической операцией, потому, что по величине температуры невозможно сделать заключение о техническом состоянии узла. Необходимо в технологию автоматической диагностики включить

теоретические модели зависимости температурной характеристики от характеристик рабочих процессов узла, связанных с его изнашиванием. Кроме этого, нельзя пренебрегать важным диагностическим параметром – скоростью изменения температуры. Многие исследователи отмечают, что существенный рост скорости роста температуры может являться признаком предотказного состояния [8].

Учеными ФГБНУ ФНАЦ ВИМ разработан счетчик-индикатор разницы и скорости изменения температур. Это устройство позволяет задавать величину критической температуры срабатывания – характерной для некоторого технического состояния объекта диагностирования [9].

Анализ существующих проблем создания устройств для автоматической диагностики узлов механических трансмиссий показал основные направления их развития. Разработано устройство – цифровой регистратор неисправности трансмиссии, обладающий следующими характеристиками:

1) питание от бортовой сети машины или автономное питание до 30 часов при емкости батареи 0,5 А·ч;

2) программирование временного интервала измерения температуры, предельной температуры и предельной скорости изменения температуры для каждого контролируемого узла;

3) одновременный контроль до семи объектов диагностирования;

4) непрерывный учет поправки на температуру окружающей среды;

5) возможность дифференцированной сигнализации при превышении предельной температуры и/или предельной скорости изменения температуры;

6) возможность подключения к компьютеру по интерфейсу USB для мониторинга или настройки регистратора.

Выводы. Изучение комплексной проблемы цифровизации технической диагностики агрегатов механических трансмиссий сельскохозяйственной техники позволило выработать систему критериев, которым должна соответствовать технология автоматической диагностики и устройства для ее осуществления:

1) научное обоснование связи рабочих процессов диагностируемого агрегата с сопутствующими процессами;

2) применимость к максимально большому количеству объектов диагностирования;

3) одновременное использование не менее двух диагностических критериев выявления предотказного состояния;

4) приспособленность технических средств автоматической диагностики к интеграции с существующей и вновь проектируемой сельскохозяйственной техникой;

- 5) отсутствие ошибок контроля первого и второго рода;
- 6) работа технических средств диагностирования в полностью автоматическом режиме;
- 7) наличие конкурентных преимуществ перед существующими аналогами;
- 8) минимизация затрат на проектирование, изготовление и монтаж

Библиографический список

1. Пастухов А.Г. Цифровизация технологических процессов в АПК // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке : Материалы XXVII Международной научно-производственной конференции, Майский, 12 апреля 2023 года. Том 4. – Майский: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2023. – С. 319-320.
2. Пастухов А.Г. Направления цифровизации техники и технологий // Интеллектуальные системы в аграрном и строительном комплексе : сборник материалов Международной научно-практической конференции, Орел, 02–03 ноября 2022 года. Том 2. – Орел: Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, 2022. – С. 14-19. – EDN ZHUVGI.
3. Pastukhov A., Sharaya O., Bakharev D., Timashov E. CAE-justification of the leading shaft of the test stand // TAE 2019 - Proceeding of 7th International Conference on Trends in Agricultural Engineering 2019, Prague: Czech University of Life Sciences Prague, 2019. – P. 429-434.
4. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – Москва : ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с. – ISBN 978-5-6049928-2-1. – EDN RSFSFK.
5. Белайц Д.С. Механизм trade-in в сокращении времени простоев сельскохозяйственной техники // Вестник НГАУ. – 2018. – № 1(46). – С. 150-158.
6. Самойленко А.Ю., Туркин В.А. Системы мониторинга температуры подшипников судовых дизелей // Эксплуатация морского транспорта. – 2019. – № 4(93). – С. 72-80. – DOI 10.34046/aumsuomt93/13.
7. Тимашов Е.П. Моделирование температурного режима подшипникового узла карданного шарнира // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2019. – № 2(22). – С. 87-100.
8. Pastukhov A.G., Timashov E.P. Analytical model of temperature condition elementary interface of the cardan joint // Traktori i Pogonske Mašine. – 2018. – Vol. 23, No. 1-2. – P. 43-50.
9. Костомахин М.Н., Саяпин А.С., Пестряков Е.В., Петрищев Н.А. Совершенствование средств диагностирования как фактор повышения ресурсосбережения при эксплуатации сельскохозяйственной техники //

Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2023. – № 1(22). – С. 103-111.

УДК 631.5

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ДАТЧИКА РАСХОДА ТОПЛИВА

Титов В. А., магистрант

Научный руководитель: Быков В.В. д.т.н., профессор

МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет лесного хозяйства, лесопромышленных технологий и садово-паркового строительства, г. Мытищи, Московской области, РФ

Аннотация. Рассмотрена эффективность применения различных систем и методов контроля и учета расхода топлива на автопредприятиях, а именно датчика уровня топлива (ДУТ). Обоснована необходимость применения современных устройств для контроля расхода топлива. Экспериментальные исследования доказали применение таких устройств и перспективных способов учета приводит к финансовому благополучию предприятий и упрощает работу по учету ГСМ.

Ключевые слова: расход топлива, способ учета, затраты компании, спутниковые системы, результаты исследований, датчики учета.

Постановка проблемы

В структуре расходов автотранспортного предприятия на топливо приходится в среднем 8 - 16% по нормам Министерства транспорта РФ [1]. Нормативы расхода топлива крайне усреднены и порой сильно отличаются от реальных показаний конкретного автобусного парка. Ни один автопарк не застрахован от несанкционированного использования или продажи топлива, что наносит значительный ущерб финансовому состоянию ПАТП. Владельцы и руководители автотранспортных предприятий делятся подсчетами, что нечистые на руку водители сливают топливо на 250-300 тысяч рублей в год с одной корпоративной машины или примерно 10-15% от нормы расхода топлива [2]. При этом важно отметить, что не все водители воруют топливо, и такое поведение не представляет собой типичную ситуацию. Большинство водителей выполняют свои обязанности добросовестно и не занимаются незаконными действиями - сливом топлива.

При учете расхода топлива обычно не учитывают факт кражи топлива по нескольким причинам:

- во-первых, сложность и трудность обнаружения слива топлива, особенно если она происходит в небольших количествах или во время ночных смен, когда наблюдательность ограничена;

- во-вторых, отсутствие или неполные и неточные данные о заправках и расходе топлива;

- в-третьих, юридические сложности доказательства факта кражи топлива. С правовой точки зрения требуются документальные доказательства и возможно участие правоохранительных органов для расследования и привлечения виновных к ответственности.

Учет расхода топлива осуществляется персоналом ПАТП с целью контроля и оптимизации затрат на топливо. Топливо – это параметр, который напрямую влияет на рентабельность предприятия и поэтому необходима грамотная учетная политика, опирающаяся на точные сведения о расходе ГСМ. На практике далеко не во всех автотранспортных предприятиях организован профессиональный контроль и учёт топлива. Где-то существующие подходы устарели. Некоторые руководители вовсе не придают этому значения и даже закрывают глаза на махинации сотрудников. Бывают ситуации, когда в автопарках внедрены современные системы удалённого слежения за работой машин и сотрудников, однако ими либо не умеют, либо не хотят пользоваться. Нередко случается, что установленные решения неэффективны для определенных типов транспорта.

Проведенный нами мониторинг движения автобусов по одному маршруту ПАТП Московской области за 1-й квартал 2022 года показал, что фактический расход топлива составил 197826,01 литра. Если принять, в соответствии с данными [2], что несанкционированное использование топлива составляет 10% , то реальный расход топлива составит 178043,4 л. (Рис.1).

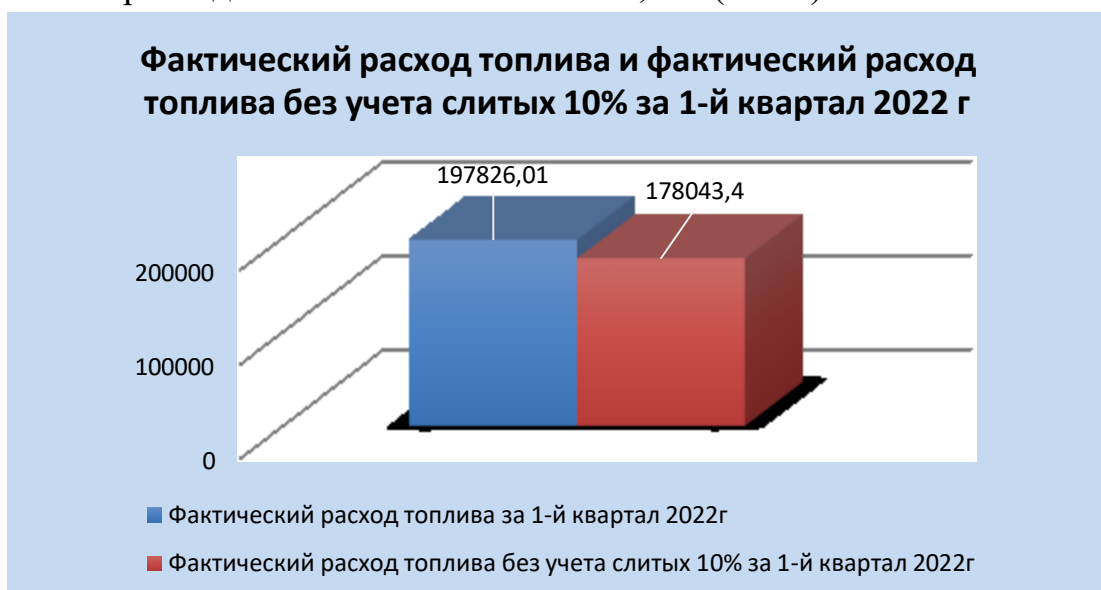


Рис.1 – Фактический и реальный расход топлива за 1-й квартал 2022 года

Приняв, стоимость 1 литра топлива равным 5,2 руб./л [5] имеем затраты на несанкционированный перерасход топлива в размере $(197826,01 - 178043,4) \cdot 5,2 = 102869,6$ руб.

Результаты расчета подтверждают необходимость выбора оптимальной стратегии по учету и контролю расхода топлива для ПАТП.

Существует несколько способов контроля ГСМ [5]:

- спутниковая система (GPS/ГЛОНАСС) мониторинга расхода топлива для отслеживания движения транспортных средств и контроля использования топлива;

- видеонаблюдения, которые в связке со спутниковой системой мониторинга позволяют выявлять махинации, а так же следить за состоянием водителя и предупреждать о нарушениях. Такой инновационной системой является MONTRANS DVR;

- система авторизации заправки с использованием карт или коды доступов для заправки топлива (MONTRANS KUT), что позволяет контролировать доступ и предотвратить несанкционированную заправку;

- регулярные инспекции и проверки на наличие утечек или повреждений. Это поможет обнаружить проблемы и предотвратить возможное воровство;

- системы транспортной аналитики, управления и контроля MONTRANS.ANALYTICS - это эффективная мера по сокращению расходов на транспортную логистику, оптимизации процессов планирования, бухгалтерию и оплату труда, с помощью подробного анализа использования транспорта;

- контроль расхода топлива с помощью штатного датчика GPS через CAN-шину;

- контроль расхода топлива с помощью расходомера (ДРТ).

Для контроля топлива можно использовать емкостной датчик уровня топлива (ДУТ). Датчик уровня топлива – это универсальный инструмент для контроля дизельного топлива и бензина на всех автомобилях.

Датчик уровня топлива [3] устанавливается (врезается) в бак автомобиля и фиксирует изменение объема ГСМ. По принципу действия их ещё называют датчиками емкостного типа. Точность ДУТ не уступает по точности расходомеру (97-99%). Система мониторинга получает показания ДУТ от трекера, с которым датчик взаимодействует [4]. В программе мониторинга каждое изменение уровня жидкости в баке отображается с четкой привязкой ко времени и месту. Датчик имеет собственный модуль GPS/ГЛОНАСС и модем GPRS с целью получения высокоточных данных об уровне топлива в баке, позволяющие:

- фиксировать заправки и сливы топлива

- определять ложные и неполные заправки
- распознавать микросливы
- выявлять факты слива с “обратки”.

Как видно из рис. 2 датчик уровня топлива позволяет выявить слив топлива и из обратной магистрали.

Однако способ контроля с помощью датчика уровня топлива имеют свои ограничения:

- при установке ДУТ на спецтехнику могут возникнуть трудности, если баки на машинах нестандартной формы и с перегибами. Тогда потребуется установить два датчика, либо все же прибегнуть к другому способу контроля;
- в баках вытянутой формы велика вероятность погрешности из-за колебаний топлива под углом. Для получения усредненных показаний понадобится установить два ДУТ. Это повысит стоимость оснащения, но гарантирует стабильную точность измерений.

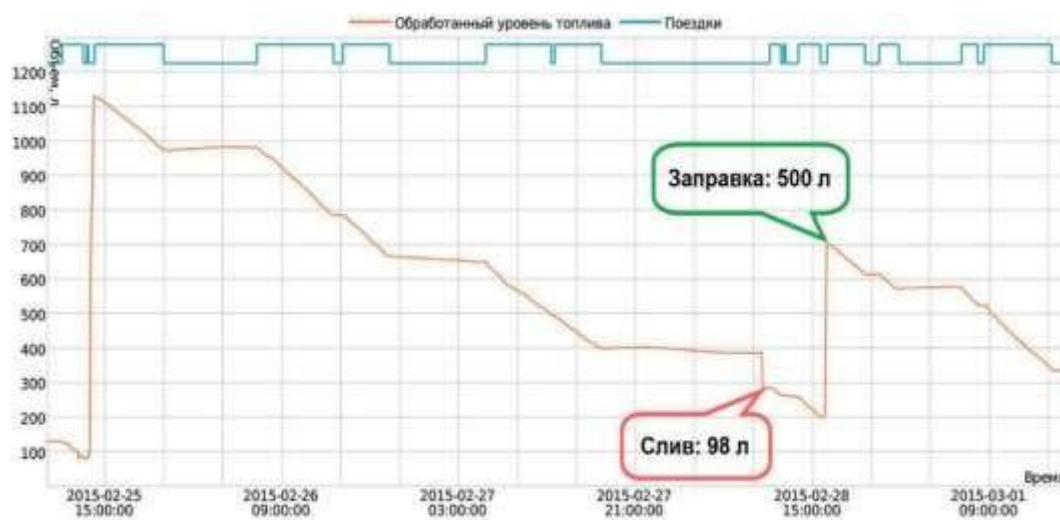


Рис. 2

График расхода топлива по ДУТ [4]

Результаты исследований

Результаты исследований показывают, что контроль расхода топлива с помощью расходомеров и датчиков расхода топлива позволяют с высокой точностью, достоверностью и эффективностью отслеживать все манипуляции с топливом подтверждают необходимость выбора оптимальной стратегии по учету и контролю расхода топлива для финансового благополучия автопредприятия, так как видно, что перерасход затраты средств на перерасход топлива внушительные.

Библиографический список

1. Распоряжение Минтранса от 14.03.2008 №АМ-23-р. Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте. – 114 с.

2. Водители воруют топлива [Электронный ресурс]: информационный ресурс билайн.ру. - URL: <https://b2blog.beeline.ru/voditeli-voruiut-toplivo/> (дата обращения 21.09.2023)

3. 5 способов контроля расхода топлива [Электронный ресурс]: информационный ресурс фметр.ру. - URL: <https://www.fmeter.ru/infocenter/helpful/20200729-fuel-consumption-control-methods/> (дата обращения 21.09.2023)

4. Ульянов В.А. Технологические измерения, автоматика и управление в технических системах: Учеб. пособие: [В 2 ч.] /В. А. Ульянов, И.О.Леушин, В.Н.Гущин.- Нижний Новгород: Нижегородск. гос. техн. ун-т. Ч.1.-2000. - 306 с.

5. Цены на бензин сегодня [Электронный ресурс]: информационный ресурс рашабаз.ру. - URL: <https://russiabase.ru/prices.php?city=169432> (дата обращения 21.09.2023)

6. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – Москва : ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с. – ISBN 978-5-6049928-2-1. – EDN RSFSFK.

УДК 658.512; 631.3

РЕИНЖЕНИРИНГ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ: ФАКТОРЫ УСПЕХА И ПРИЧИНЫ НЕУДАЧ

Чепоров И. В., магистрант

Научный руководитель: Каранетян М. А., д.т.н, профессор

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ

Аннотация. реинжиниринг бизнес-процессов (РБП) – это подход к повышению эффективности работы организации. РБП представляет собой фундаментальное улучшение базовой организационной структуры. В работе приводится краткий обзор литературы и определяются факторы успеха проектов РБП.

Ключевые слова: реинжиниринг, бизнес-процессы, факторы успеха и проблемы РБП.

РБП тщательно изучается многими исследователями. Это важный инструмент, помогающий улучшить качество услуг или продуктов, сократить расходы или эффективно конкурировать в сфере деятельности организации. РБП является важным инструментом для поддержания постоянного конкурентного

преимущества и обеспечения эффективности в частном и государственном секторах. Устойчивость многих бизнес-организаций зависит от принятия новых средств, которые обеспечивают выживание организации в условиях растущей глобальной или даже местной конкуренции. Это часто достигается путем принятия реинжиниринга бизнес-процессов (РБП) в качестве предлагаемой стратегии повышения успеха организации.

Один из самых известных исторических примеров РБП принадлежит Ford Motor Company. В 1980-е годы автомобильная промышленность переживала спад. Форд знал, что некоторые из их отделов раздуты и их необходимо сократить. В частности, кредиторская задолженность была в пять раз больше, чем, по их мнению, она должна была быть по сравнению с их конкурентами. Таким образом, они проанализировали каждую часть процесса, отслеживая счета-фактуры, заказы на покупку и платежи от начала до конца. Они поняли, что большая часть времени их сотрудников уходит на устранение несоответствий между счетами-фактурами и заказами на поставку. В ответ Форд ввел «платежи без счетов-фактур». Они полностью исключили посредников и использовали базу данных, чтобы гарантировать правильность заказов на поставку. Вместо сопоставления 14 элементов данных кредиторская задолженность теперь должна была соответствовать только трем. Реализация РБП привела к сокращению численности персонала и затрат на 75%.

Целью данной работы является выяснить, как в литературе описывались факторы успеха РБП и какие проблемы возникают у практиков РБП. Примером анализа может быть подход к контент-анализу, использованный М. Фасной и др.

[1], где авторы проанализировали процесс внедрения BPR, используемый организациями. Тинайкар Р. и др., а также М. Юриш и др. [2] проанализировали литературу и определили факторы успеха в государственном и частном секторах.

Как утверждает А. Фетаис и др [3] РБП был впервые представлен американскому частному сектору М. Хаммером, который разработал РБП как инструмент для реализации крупных организационных изменений с целью успешного изменения бизнес-процессов для повышения производительности в частном секторе США. Начиная с 1990-х годов, РБП стал бросать вызов или отражать концепцию всеобщего управления качеством (TQM). По данным А. Фетаиса и др [3] подход РБП полностью меняет практику бизнеса для достижения более высоких общих показателей с точки зрения затрат, качества обслуживания, скорости и квалификации. Поэтому в быстро меняющейся глобальной среде, характеризующейся острой конкуренцией и растущим технологическим прогрессом, необходимы изменения, направленные на повышение продуктивности бизнеса. Для достижения наилучших результатов желательно, чтобы программа руководства адаптировалась и планировалась в

соответствии с этими изменениями. Более того, РБП также стал важным инструментом для государственного сектора, поскольку он эффективно использовался в последние десятилетия; РБП помог организациям достичь большей эффективности в секторах здравоохранения, образования и национальных экономических проектов.

Компании используют РБП для существенного повышения производительности ключевых процессов, которые влияют на клиентов и производительность организации. Например, РБП может служить настоящим инструментом сокращения затрат и времени цикла за счет устранения непродуктивной деятельности и сотрудников, которые ее выполняют. Кроме того, РБП повышает качество за счет уменьшения фрагментации работы и установления четкой ответственности за процессы, следовательно, работники получают ответственность за свою продукцию и могут оценивать свою производительность на основе оперативной обратной связи. Кроме того, РБП имеет большой потенциал для повышения производительности за счет сокращения времени и затрат процесса, улучшения качества и большей удовлетворенности клиентов, но часто требует фундаментальных организационных изменений.

Растущее количество исследований в области РБП получило признание с тех пор, как оно стало академической областью. Более того, наблюдается устойчивый рост количества исследований по РБП. Причиной такого стабильного интереса является высокий уровень неудач внедрения РБП. Например, Озчелик [4] и другие подсчитали, что 50-70 процентов не достигают тех впечатляющих результатов, к которым стремятся. Это объясняется плохой реализацией РБП, а не проблемой с самой концепцией. Такие противоречивые результаты, полученные в ходе процесса, который был признан хорошим, вызывают обеспокоенность среди компаний, оценивающих РБП как важнейшую стратегическую инициативу. Таким образом, негативные результаты предоставляют возможность для проведения исследований, направленных на выявление критических факторов, которые могут повлиять на успех внедрения РБП. Важно то, что сочетание результатов сделало вопрос реализации РБП очень актуальным. Вторая причина заключается в том, что текущие ограничения побуждают исследователей продолжать исследования в этой области. Несмотря на исследования, проводимые сегодня, область остается чрезвычайно широкой, поэтому неизбежно, что значение VPR понимается лишь частично. Общей темой, которая появляется в обзоре литературы, являются информационные технологии (ИТ), которые рассматриваются как ключевой фактор эффективной организационной реорганизации посредством проектирования процессов.

Можно сказать, что ИТ и РБП взаимосвязаны, и ни один из них не может быть реализован изолированно. Также очевидно, что РБП часто ошибочно считают инструментом сокращения организаций. Поэтому были созданы различные концепции и теории организационного развития, которые фокусируются на бизнес-процессах, необходимых для реорганизации организаций, включая реинжиниринг.

В одном из последних обзоров по РБП, проведенном А. Фетаисом [3] был проведен поиск литературы, а затем просмотр выбранных исследований. Поиск в базе данных проводился по следующим ключевым словам: реинжиниринг бизнес-процессов и факторы успеха. Всего в поиске было рассмотрено 4950 статей, в том числе: факторы успеха, ключевые факторы, критические факторы успеха и составляющие успеха РБП; контекст рассмотренной литературы касался производства и услуг, а также частного и государственного секторов; опубликованные статьи в научных журналах с 2000 г.; публикации на английском языке. Различные аспекты изменений, связанных с реализацией РБП сгруппированы следующим образом: 1) Изменение систем управления и культуры; 2) Управленческая компетентность и поддержка; 3) Организационная структура; 4) Планирование и управление проектом; и (5) ИТ-инфраструктура.

Необходимо отметить, что проблемы внедрения РБП, иногда могут быть связаны с реализациями, которые не учитывают последствия, с которыми сталкиваются люди, работающие в бизнесе. При изучении эффекта человеческого аспекта, особенно когда реализация включает в себя информационные технологии (ИТ), было обнаружено, что сопротивление изменениям может быть особой проблемой. Действительно, большинство проблем, с которыми сталкиваются РБП в литературе, как известно, являются в основном структурными и человеческими аспектами, а не технологическими. Следовательно, согласно ссылке на Брэндона и др. [3], важно полностью рационализировать человеческую сторону РБП, чтобы применить и завершить РБП и заставить его работать успешно. В своем исследовании они предложили запустить специальную систему групповой поддержки (GSS) для поддержки мягкой стороны РБП и минимизации сопротивления изменениям в ходе внедрения ИТ.

Что касается применения РБП в автотранспортном сервисе, в работе Х. Аттарфи и М. Дакьяра [5] приведены примеры. Так, РБП использовался для усиления конкурентных преимуществ мотоциклетной мастерской. Результатом этого исследования стало сокращение среднего времени обслуживания клиентов с 30 минут до менее 15 минут, а также увеличение доступности продуктов с 70% до 90%. Другим примером было рассмотрение двух подходов. Предлагаемое усовершенствование процесса автосервиса состояло из двух сценариев:

сценарий 1 осуществляется с помощью подхода к интеграции технологий посредством внедрения механизмов обмена ключами самообслуживания, в сценарии 2 — с помощью подхода к интеграции технологий посредством внедрения QR-кода. Благодаря подходу реинжиниринга бизнес-процессов посредством процесса моделирования iGrafx исследование привело к следующим выводам: сценарий 1 оказался лучшим с сокращением общего среднего времени цикла процесса ремонта транспортных средств на 32% или до 1,57 часа.

Таким образом, исследования РБП проводились с момента его разработки, что привело к появлению новых моделей, рамок, определений и развитию совокупности знаний. Тем не менее, многие исследования все еще изучают причины успеха или неудачи внедрения РБП. Остаются вопросы, являются ли факторы успеха, выявленные в последние годы, всеобъемлющими. Все исследователи рассматривают организационные аспекты как основные факторы успеха ВРР. Однако нередко в статьях упускался человеческий аспект исследования. Кроме того, как следует из обзора литературы, некоторые исследователи до сих пор не считают технологии главным фактором успеха или провала РБП. Стоит отметить, что отсутствие ИТ как фактора в последние годы стало менее распространенным со времени введения РБП. Таким образом, эта статья также представляет собой краткий обзор представлений о факторах успеха РБП.

Библиографический список

1. Fasna, M.F.; Gunatilake, S. Процесс успешной реализации проектов ВРР. *Int. J. Product. Perform. Manag.* 2019, 68, 1102–1119.
2. Пряхин, В. Н. Техногенная и экологическая безопасность на объектах АпК / В. Н. Пряхин, М. А. Карапетян, Н. А. Мочунова. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью "Мегаполис", 2018. – 117 с. – ISBN 978-5-6041148-5-8. – EDN MFKEQH.
3. Карапетян, М. А. Совершенствование технологий и управление технологическими процессами сельскохозяйственного производства : Учеб. пособие / М. А. Карапетян, В. Н. Пряхин ; М. А. Карапетян, В. Н. Пряхин. – Москва : Компания Спутник+, 2005. – 161 с. – ISBN 5-93406-908-X. – EDN QKXFFZ.
4. Карапетян, М. А. Технические средства и методы защиты гидромелиоративных объектов : учеб. пособие / М. А. Карапетян, В. Н. Пряхин ; М. А. Карапетян, В. Н. Пряхин. – Москва : Компания Спутник+, 2004. – 150 с. – ISBN 5-93406-784-2. – EDN QNKVBD..

5. Attarfi, H., Dachyar, M. Улучшение послепродажного обслуживания автомобилей с помощью реинжиниринга бизнес-процессов. В материалах Международной конференции по промышленному проектированию и управлению операциями. Стамбул, Турция, март 7-10, 2022, с. 1152-1162.–Текст: электронный. - URL: <https://index.ieomsociety.org/index.cfm/article/view/ID/130> (дата обращения: 01.12.2023).

6. Меркулова Г.И., Боровичев П.П., Агафонова М.С. Особенности реинжиниринга бизнес-процессов в корпорации. Воронежский государственный технический университет, 2022.

СЕКЦИЯ: «НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ»

УДК 629.9:502.14:62-83

ОПТИМАЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД НАСОСНЫХ УСТАНОВОК

Медведев Е. В., магистрант

Бирюков М. П., магистрант

Научный руководитель: Шевкун В. А., к.т.н., доцент

*Российский государственный аграрный университет – МСХА имени
К. А. Тимирязева, г. Москва, Россия.*

Аннотация. Целью данного исследования является выявление оптимального электропривода для насосных установок на основе анализа различных вариантов. В работе будет проведен обзор различных типов электроприводов, их характеристик и применимости к насосной технике, а также анализ преимуществ и недостатков каждого вида, с целью определения наиболее подходящего для конкретной насосной установки.

Ключевые слова: электроприводы, насосные установки, выбор, анализ, характеристики.

Введение: В современном мире электроприводы являются неотъемлемой частью работы различных технических установок, а также и для насосных установок. Выбор подходящего электропривода для конкретной насосной установки может быть сложной задачей, требующей исследования. Режимы работы центробежных насосов энергетически наиболее эффективно регулировать путем изменения частоты вращения их рабочих колес. Частота вращения рабочих колес может быть изменена, если в качестве приводного двигателя используются регулируемый электропривод

Цель и задачи исследования: Целью данного исследования является определение оптимального электропривода для насосных установок. Для достижения этой цели будут решены следующие задачи:

1. Проведение обзора существующих видов электроприводов.
2. Анализ характеристик каждого вида электропривода.
3. Выделение оптимального варианта электропривода для конкретной насосной установки.

Основным элементом электропривода является электродвигатель, который осуществляет преобразование электрическую энергию в механическую. Электроприводы подразделяются на различные типы: способы распределения механической энергии; по роду тока; по уровню автоматизации в роль передаточного устройства; по степени управляемости вида движения.

По способу распределения механической энергии электропривода делится три типа: групповой, индивидуальный, взаимосвязанный.

Групповой принтер обеспечения исполнителей органов машин с помощью одной детали смесей в настоящее время почти не применяется.

Индивидуальный привод является распространённым и обладает преимуществом сравнение с групповым по управляемости, экономической, ремонтпригодности, взаимозаменяемости комплексная организация технологических процессов.

Взаимосвязанный содержит два или несколько электрических механических связанных между собой электродвигательное устройство при работе в которых поддерживается заданными соотношением скоростей положение исполнительных органов.

По роду тока различают электроприводы привода постоянного и переменного тока.

По степени управляемости электропривод может быть нерегулируемым, когда скорость не регулируется и может изменяться лишь под действием нагрузки и регулируемым, когда в процессе работы скорость и меняется по сигналам управляющего устройства и поддерживается постоянный.

При работе электропривода обычно происходит изменение скорости движения его шестеренок. Это может быть из-за колебаний механической нагрузки включения и выключением пусковых тормозных резисторов, изменениями напряжения питания, воздействие на со стороны системы управления. В результате привод может ускоряется или замедляется, что приводит к появлению инерционных сил или моментов, которые двигатель должен преодолеть. Таким образом, переходной режим работы возникает при изменении скорости при переходе от одного состояния к другому.

$$\begin{cases} \pm F \pm F_c = \pm m \frac{dv}{dt} \\ \pm M \pm M_c = \pm J \frac{d\omega}{dt} \end{cases}$$

где F_c и M_c , m и J - приведенные силы и момент сопротивления, масса и момент инерции

$$F_{\text{дин}} = \pm m \frac{d\phi}{dt} \quad \text{и} \quad M_{\text{дин}} = \pm j \frac{d\omega}{dt}$$

динамические составляющие силы и момента;

F, M - сила, момент двигателя.

Чаще всего в насосных установках применяют двигатели переменного тока, в которых частота вращения зависит от входящего тока f , числа пар полюсов p и скольжения s . Изменяя данные параметры достигается регулировка вращения электродвигателя и прикрепленному к нему насосу.

Главным компонентом служит частотный преобразователь. Благодаря ему напряжение U_1 и частота питающей сети f_1 получают преобразование в контролируемо изменяемые параметры U_2 и f_2 .

Чтобы двигатель работал устойчиво и соблюдались ограничения по избыточному току и магнитному потоку, должно соблюдаться соотношение, получаемое из уравнения закона частотного регулирования.

Для насосных станций такое соотношение будет:

$$\frac{U_1}{f_1} = \frac{U_2}{f_2} = \text{const}$$

На рисунке 1 показаны механические параметры АД (асинхронного двигателя) при условии регулирования частотным преобразователем. За счет снижения параметра частоты f_2 механическая характеристика изменяет положение на координатах, помимо этого, незначительно меняет свою форму.

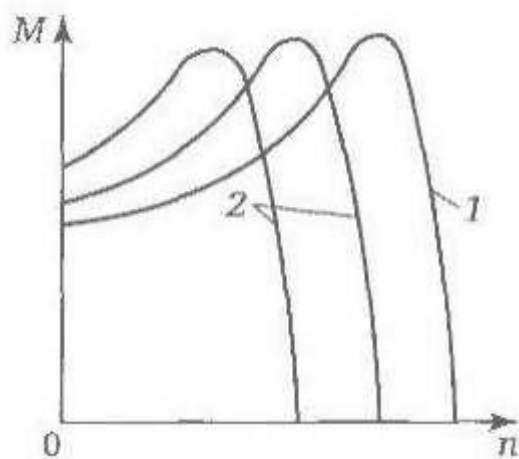


Рис. 1 – Механические параметры частотного электропривода при максимальных (1) и пониженных (2) частотах

Вывод о целесообразности применения частотного электропривода

Благодаря использованию привода, в основе которого лежит частотная регулировка, можно значительно экономить электроэнергию, поскольку его применение позволяет подключать крупногабаритные насосные установки в

режиме малых и умеренных подач. Исходя из этого, можно заменить количество на качество, при этом получить выигрыш в габаритных размерах зданий, в следствии упростить обслуживание насосных агрегатов и сократить количество трубопроводных соединений.

Таким образом, возникают вторичные экономические эффекты: уменьшение приведенных затрат на 20-50% из-за уменьшения платы за отопление, освещение и ремонт здания.

Однако не всегда применение частотного электропривода оправдано: исходя из практики, в насосных установках, мощность которых не достигает 75 кВт, лучше применить более простые методы оптимизации, такие как дросселирование и изменение числа насосных установок.

Библиографический список

1. Степанов, А. И. Электропривод насосных установок: учебное пособие. Москва: Издательство "КНОРУС", 2015.
2. Чернявский, С. И. Расчет и выбор электропривода насосных установок. Москва: Издательство "Машиностроение", 2000.
3. Шевченко, П. С. Электропривод насосных установок: руководство для инженеров. Санкт-Петербург: Издательство "Лань", 2007.
4. Юрков, А. В. Проектирование и эксплуатация электроприводов насосных установок. Москва: Издательство "Энергоатомиздат", 1995.
5. Чапцев Г.И., Горемыкин Е.В. Электрооборудование промышленности. В 3-х частях – Таганрог, ТРТУ 2004. – 80с.
6. Москаленко В.В. Электрический привод. – М.: Мастерство: Высшая школа, 2000. – 368с.
7. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: Учебник для вузов / М.П. Белов, В.А. Новиков, Л.Н. Рассудов. 2-е изд., стер. М.: Издательский центр «Академия», 2004. 576 с.
8. Справочник оп автоматизированному электроприводу / Под ред. В.А. Елисеева и В.А. Шинянского. М.: Энергоиздат, 1982. . Электрический привод: Учеб. Пособие для сред. Проф. Образования / Владимир Валентинович Москаленко. 2-е изд., стер. М.: Издательский центр «Академия», 2004. 368 с. .
9. Таничев Д.В. Анализ основных характеристик вакуумных выключателей 10 кВ, представленных на рынке РФ В сборнике: Интеллектуальные системы в аграрном и строительном комплексе. сборник материалов Международной научно-практической конференции. Орел, 2022. С. 331-334.

УДК 620

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ КОНДУКТОМЕТРОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ

Пестова И. А., к.т.н., доцент,

*Московский технический университет связи и информатики МТУСИ,
г. Москва, РФ.*

Аннотация. В статье проводится анализ выхода из строя кондуктомеров, на примере пищевого производства, как основного прибора для непрерывного контроля производства молочной продукции. Приводятся данные отбраковки датчиков приборов, а так же рекомендации по повышению их качества.

Ключевые слова: Кондуктометр, сенсор, преобразователь, индикатор, ячейка, гидроудар, вибрация.

В условиях сложного времени военной операции в нашей стране, с особой актуальностью встают задачи повышения качества приборов непрерывного контроля молочной продукции. На ряде предприятий еще используются импортные приборы. Однако, общие тенденции выхода из строя как отечественных, так и импортных кондуктометров имеют место быть. Принцип действия кондуктометров основан на измерении электрического сопротивления растворов электролитов и преобразования его в значение удельной электрической проводимости, а также в унифицированный электрический сигнал. Применяя это устройство можно определить концентрацию растворенных веществ в воде.

С помощью кондуктометров решаются многие практические задачи, в том числе для осуществления непрерывного контроля производством. Они применяются для контроля наведения растворов, очистки воды, оценки сточных вод и т.д. Определение электропроводности - один из методов контроля качества пищевых продуктов.

Кондуктометры состоят из первичного измерительного преобразователя (датчика) и электронного блока (вторичного преобразователя). Электронные блоки комплектуют различными типами датчиков, которые включают в себя преобразователь электрической проводимости и преобразователь температуры.

Электричество переносится через растворы электролитов находящимися в растворе ионами. При измерении электропроводности растворов используют переменный ток для предотвращения электролиза. Электропроводность растворов определяется с помощью кондуктометров 2-х типов.

Первый тип. Измерение электропроводности растворов может быть осуществлено при помощи уравновешенных мостов, измеряя электрическое сопротивление слоя жидкости, находящейся между двумя электродами, опущенными в исследуемый раствор.

Сопротивления R1, R2, R3, R4 можно подобрать так, чтобы ток в диагонали мостика отсутствовал, т. е. сопротивление его ветвей было пропорционально друг другу, и при балансировке моста регулируется сопротивление R3 и находят сопротивление R4. Балансировка моста предусматривается также и по реактивной составляющей. Измеряемое сопротивление R4 находится по формуле:

$$R4 = R3 R2 / R1 \quad (1)$$

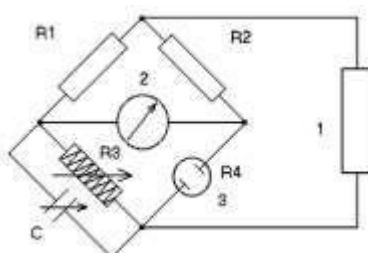


Рис.1 – Мостик Уинстона: R1, R2, R3, R4 - плечи моста; С- переменная емкость; 1- звуковой генератор; 2- индикатор нуля; 3- электролитическая ячейка.

Второй тип измерения удельной электрической проводимости электропроводящих растворов использует бесконтактный индуктивный способ.

Чувствительный элемент состоит из силовой (генераторной) катушки ГК и измерительной катушки ИК, помещенных в электростатический защитный кожух.

Переменное напряжение с генератора на силовую катушку ГК первичного преобразователя создает магнитный поток, который наводит ЭДС в жидкостном контуре связи, который является вторичной обмоткой для силовой катушки. Сила тока в контурах связи пропорциональна удельной электрической проводимости. Изменения силы тока в контуре связи изменяет наводимую им ЭДС в измерительной катушке ИК. Выходное напряжение первичного преобразователя поступает на вход усилителя, затем сигнал детектируется, фильтруется и поступает на вход преобразователя напряжение – ток и по линии связи передается в измерительный преобразователь. Анализатор работает следующим образом. С одного выхода датчика токовый сигнал, пропорциональный удельной электрической проводимости, поступает на вход преобразователя ток – напряжение ПТН-1, который подключен к одному из

входов делителя. С другого выхода датчика токовый сигнал, пропорциональный температуре анализируемой среды, поступает на вход преобразователя ток – напряжение ПТН-2, который подключен к входу сумматора.

Удельная электрическая проводимость имеет следующую температурную зависимость:

$$X_t = X_0 [1 + \alpha_t (t - t_0)], \quad (2)$$

где X_t - значение удельной электропроводности при текущей температуре, См/м;

X_0 - значение удельной электропроводности при начальной температуре, См/м;

α_t - температурный коэффициент раствора, град⁻¹;

t_0 - начальная температура раствора, град;

t - текущая температура раствора, град;

Для электролитов (солей, кислот и щелочей) α_t положителен и имеет значение от 0,019 до 0,025.

При росте температуры раствора его удельная электропроводность тоже растет. Для компенсации этого увеличения необходимо уменьшить выходной сигнал и пересчитать X_t на X_0 .



Рис. 2 – Внешний вид измерительных преобразователей CLM223/253



Рис. 3 – Внешний вид индуктивного датчика проводимости CLS54 Endress-Hauser

На пищевом производстве часто встречаются кондуктометры фирмы Endress-Hauser. Модели CLM223/253 и индуктивный датчик проводимости CLS54. На Рисунке 3 видно проходное отверстие, вокруг которого размещены силовая и измерительная катушки, а также выступ с расположенным внутри датчиком температуры.

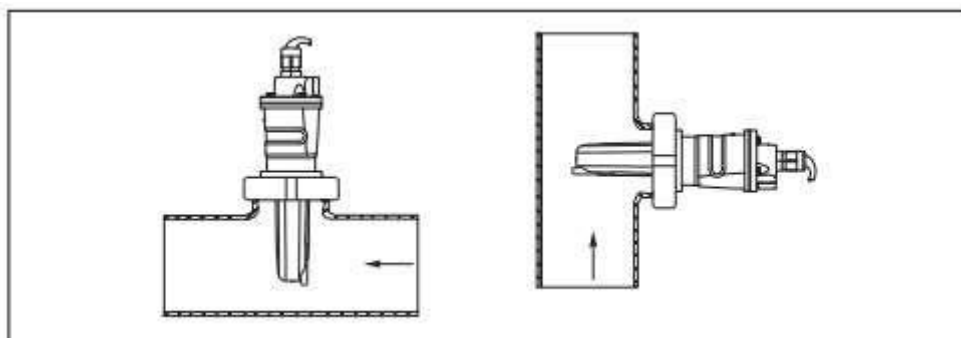


Рис. 4 – Монтаж датчика проводимости CLS54, стрелками показано направление потока

На рисунке 4 приведены примеры монтажа индуктивных датчиков проводимости CLS54.

В этой статье мы рассмотрим причины поломок индуктивного датчика проводимости CLS54 фирмы Endress-Hauser. Выполненный в пластиковом экране датчик защищен от агрессивного воздействия измеряемого электролитического раствора, но нахождение в герметичной трубе делает корпус датчика уязвимым:

1. Для воздействия гидроударов проходящих в трубопроводах;
2. Воздействия вибрации от близко расположенного насоса;
3. Воздействия первых двух факторов в условиях

высокой температуры раствора (часто на мойках используют наведенные растворы 70-85 градусов Цельсия),

наличия агрессивной щелочной или кислотной среды (этот фактор учтен стойкостью пластмассы к этим агрессивным средам), но при появлении трещин на датчике раствор выводит температурный или индукционный элемент датчика из строя.

Совокупность этих факторов приводит к кратному сокращению срока службы данных датчиков.

Основной причина выхода из строя датчиков это трещина пластикового корпуса датчика в районе проходного отверстия или вблизи термоэлемента.

На пищевом производстве (молочный комбинат) эти датчики стоят на:

1. Циркуляционных линиях наведения моющих растворов щелочных и кислотных танков;
2. Подающих и возвратных линиях для промывки оборудования с танков наведения моющих растворов;
3. Продуктовые линии для перекачки продуктов на фасовочные автоматы. (это самые долгоживущие датчики)

На рассматриваемом предприятии выходит из эксплуатации порядка 15 датчиков в год при общем количестве 30 приборов на линиях связанных с мойками.

Предлагается для повышения срока эксплуатации данных датчиков использовать:

1. Приемы по устранению гидроударов в линиях, где стоят датчики. Для этого в технологических программах предусмотреть пуск насосов на данных линиях после открытия всех клапанов на этих линиях. На сегодняшний день это не соблюдается.

Использовать расширительные баки-экспанзоматы для демпфирования гидроударов, если это позволяет технология моек.

2. Для снижения действия вибрации на датчики предусматривать вибровставки в системе крепления насоса и на трубопроводе и на основании крепления насоса.

Библиографический список

1. ГОСТ Р8722-2010. Национальный стандарт Российской Федерации. Анализаторы жидкости кондуктометрические. Переиздание март 2019 г.

2. Герасимов В.Г. Электротехнический справочник. В 4-х т. –М.: Издательство МЭИ, 2013. – Т1, 99 с.

3. Калиниченко А.В., Уваров Н.В., Дойников В.В. Справочник инженера по контрольно-измерительным приборам и автоматике. – М.: Инфра-Инженерия, 2018.- 564 с..

4. Иванов Ю.Г., Методы и технические средства контроля и управления технологическими процессами в молочном животноводстве: Докторская диссертация. Москва, 2005. – 344 с.

5. Первухин, Б. С. Развитие научно-методических основ проектирования кондуктометрических приборов контроля жидкостей и разработка технических средств их метрологического обеспечения: Докторская диссертация. Барнаул, 2012. – 216 с.

6. Инструкция по эксплуатации Liquisys M CLM223/253 <https://bdih-download.endress.com/files/DLA/4CA099384DF76BD1E10000000A35E042/ТИ193CRU.pdf>

7. Овсянникова, Е. А. Современные электроизоляционные материалы / Е. А. Овсянникова, В. В. Дубов, И. А. Сосенков // Инновационные подходы к развитию науки и производства регионов: взгляд молодых ученых : Материалы 48-ой научно-практической конференции студентов и молодых учёных, Тверь, 17–19 марта 2020 года. – Тверь: Тверская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. – С. 224-226.

СЕКЦИЯ: «СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ В ТЕПЛОТЕХНИКЕ, ГИДРАВЛИКЕ И ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИИ ПРЕДПРИЯТИЙ»

УДК 620.3

НАНОТЕХНОЛОГИИ И ИХ ПОТЕНЦИАЛ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ТЕПЛОТЕХНИКЕ ПРЕДПРИЯТИЙ

Аппазов Э. Е., студент

Павлушин С. А., студент

Научный руководитель: Зубарев К. П., к.т.н., доцент

*Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет – НИУ МГСУ, г. Москва, РФ*

Аннотация. Освещена хронология изучения данного вопроса в отечественной истории. Произведен анализ использования нанотехнологии в традиционных строительных материалах, таких как бетон, сталь и дерево и рассмотрены новые материалы: аэрогели и сплавы с памятью формы.

Ключевые слова: нанотехнология, теплотехника, перспективы развития.

Введение: в современном мире технологии наномасштаба (т.е. в диапазоне размеров атомов, молекул и надмолекулярных образований) играют все более значимую роль в различных областях науки и промышленности. Нанотехнологии, включающие в себя создание и использование наноматериалов, устройств и систем, имеют потенциал привнести новые принципы организации и свойства в области теплотехники и энергообеспечения предприятий.

Цель исследования: определение потенциала использования нанотехнологий в теплотехнике предприятий

Результаты исследования:

Данная статья основывается на данных библиографических материалов [1,2], наиболее полно осветивших потенциал нанотехнологии.

Изучая нанотехнологии, как и любой иной вопрос научного знания, следует прежде всего обратить внимание на истоки проблемы, обратится к работам предшественников. Так, уже более полувека назад, русский изобретатель и популяризатор науки Генрих Альтшуллер разработал концепцию

ТРИЗ - теории решения изобретательских задач, посредством которой смог убедительно показать, что технологии будущего это нанотехнологии.

Говоря об теплотехники и энергообеспечения предприятий, прежде всего скажем о потенциале нанотехнологий в контексте развития и перехода на качественно новый уровень систем теплогазоснабжения и вентиляции (ТГВ). В частности, переходом на микроуровень и веполизацией технических систем является одной из концепций решений изобретательских задач, выявленных в рамках ТРИЗ, что знаменует собой новые перспективы использования наноматериалов и нанотехнологий в предприятиях.

Говоря о современных технологиях, прежде всего следует упомянуть закон развития техники, который гласит: техническая система достигнув потолка своего развития, замещается надсистемой, наследующей её функции.

Данное явление как таковое наглядно демонстрирует вышеупомянутое замещение функций на наноуровне: привнесение «горячих» частиц воздуха в одно и то же время осуществляет как функцию вентиляции, так и функцию отопления, и этот, казалось бы, достаточно тривиальный пример показывает нам идею замещения функций на наноуровне в сфере теплотехники и энергообеспечения предприятий

Говоря о теплотехнике, прежде всего следует обратиться к потенциалу развития материалов ограждающих конструкций. [3,4,5] Уже сегодня нанотехнологии во многом опережают вектор развития производства строительных материалов, задают тенденции и качественно формируют свойства продукции. Широчайший спектр материалов использует нанотехнологии, и это принципиально расширяет их возможности и позволяет присвоит им новые характеристики. Так, для большей наглядности прежде всего рассмотрим такие традиционные материалы, как бетон и сталь.

В случае бетона решением является интеграция в структуру материала нано-трубок из углерода (т.е. использование нано-волокон). Такой подход поможет выйти на новый уровень сопротивления разрушающим воздействиям, сократит теплопотери и удельный вес материала. Также частицы наноразмера могут быть привнесены в качестве добавок, например всего несколько процентов нанощунгита, нанокремнезема или наногальваношлаков помогают достичь значительного возрастания полезных качеств материала.

Нанотрубки — это сверхпрочные полые стержни и нити диаметром около нанометра. Их поверхность образована атомами углерода, расположенными в вершинах правильных шестиугольников. Из углеродных нанотрубок изготавливают крепкие и легкие композитные материалы для строений и мостов, детали летательных аппаратов и т. д. А если их добавить в полипропилен или алюминий, эти материалы станут вдвое прочнее.

Фуллерены — это молекулы размером 0,7 нанометра (миллиардной доли метра) в виде замкнутого многогранника из атомов углерода. В зависимости от числа атомов они напоминают мяч для футбола или регби. Фуллерены добавляют в сталь, полимеры, чугун и керамику для придания им новых свойств или улучшения характеристик.

Широкое применение идея нано-технологий находит в технико-производственных процессах, так, при выплавке стальной продукции важна возможность варьировать количество, форму и крупность кристаллических зерен, что позволяет упрочнить объект и в целом улучшить результат производства. Так, с помощью данного метода удалось наладить выпуск труб для отопительных систем, обладающих большей прочностью и меньшей толщиной. Помимо этого, использование структур и напылений нано-порядка на наружную и внутреннюю стороны трубы улучшает сопротивляемость коррозии.

Если же перейти к природным материалам, таким как дерево, то на первый план выходит проблема борьбы с гниением, грибок и плесенью. Для предотвращения таких нежелательных процессов разработаны специальные эмульсии с нано-добавками, стойкими к вымыванию водой. Они впитываются в поры деревянных конструкций и остаются там, защищая изделия на протяжении всего их жизненного цикла.

Также нанотехнологии нашли свое применение в изготовлении теплоизоляционных покрытий. Разработан полимерный теплоизоляционный материал, предназначенный для аэрозольного напыления и образующий на поверхности цельное сверхтонкое покрытие. Композит демонстрирует хорошую адгезию на любой поверхности, вместе с тем обладая исключительной эластичностью и легкостью.

Теплоизоляция, полученная с применением нанотехнологий, представляет собой полувязкую суспензию. Основой являются специально созданные керамические микросферы с особым состоянием воздуха внутри близким к вакууму. В качестве связующей среды применяется композиция из высококачественного акрилового агента и уникального соединения катализаторов и фиксирующих реагентов.

Такой утеплитель, имея толщину 1 мм, после полного затвердевания, независимо от типа и состояния обрабатываемой поверхности, содержит в своей структуре порядка 50 слоев, образованных микросферами плотно связанными друг с другом. Полученный воздушный микробарьер имеет низкую теплопроводность порядка 0,00083 Вт/м*К. Такие технические характеристики покрытия позволяют добиваться высокой эксплуатационной эффективности термоизоляции. Проведенные испытания показали, что к трубопроводу с

рабочей температурой 100°C, обработанному жидкой изоляцией Корунд можно дотрагиваться рукой без применения термостойких рукавиц.

К примеру, в Китае было создано нанопористое покрытие для стен, сохраняющее тепло зимой и охлаждающее помещение летом. Такой пленкой с «эффектом термоса» покрыты стены Шанхайского музея науки и технологий. Специалисты прогнозируют, что в будущем этот материал начнут применять и при строительстве жилых районов, с целью сбережения ресурсов и уменьшения загрязнения природы

Ученый Сэмюэл Кистлер из штата Калифорния разработал прозрачный наногель (аэрогель) — самое легкое твердое вещество в мире, его прозвали «застывший дым». Брусок аэрогеля на 99,8 % состоит из воздуха, поэтому его вес практически не ощутим. Одним граммом аэрогеля можно покрыть футбольное поле.

Аэрогель чаще всего применяется для теплоизоляции зданий, так как воздух, которым он насыщен, плохо проводит тепло. Например, аэрогелем покрыты трубы газопровода в Европе. Сейчас ученые совершенствуют этот материал, ищут способы удешевления его производства.

Нано-композиты — это обыкновенные полимерные материалы, модифицированные путем введения дисперсии нано-частиц. Благодаря этому методу удается достичь повышения прочностных характеристик, уменьшение удельного веса и теплопотерь, а кроме того, нанокомпозиты имеют высокую коррозионную стойкость, что делает их привлекательными для применения в условиях, где традиционные материалы подвержены воздействию агрессивных сред, например, такой материал как кирпич требует оценки влажности [6], нанотехнологичный же материал может работать в значительно большем климатическо-атмосферном диапазоне.

Предприятия, технологические машины [7–9] и промышленность в целом сможет выйти на качественно новый уровень благодаря широкому введению интеллектуальных материалов.

Такие материалы могут варьировать свои характеристики в зависимости от изменения внешних факторов, таких как температурные колебания или электрическое воздействие. Наглядно это явление демонстрируют сплавы с так называемой «памятью формы», их получают из титана и никеля, и они в зависимости от температуры могут принимать различную форму, что позволяет создать саморегулирующуюся запорную арматуру, автоматически регулирующую поток жидкости в системе, что позволяет сократить теплопотери на 20%

Вывод: потенциал нанотехнологий в области теплотехники и энергообеспечения предприятий огромен. Их внедрение может привести к

созданию новых материалов, устройств и систем с улучшенными свойствами, что, в свою очередь, открывает перспективы для более эффективного использования энергии и повышения устойчивости теплотехнических систем вплоть до 20%.

Библиографический список

1. Нанотехнология в ближайшем десятилетии. Прогноз направления исследований. — М.: Мир, 2015.
2. Перспективные материалы. Учеб. пособие под ред. Д.Л. Мерсона. — ТГУ, МИСиС, 2016.
3. Zubarev K.P. Derivation of the equation of unsteady-state moisture behaviour in the enclosing structures of buildings using a discrete-continuous approach // *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. – 2021. – Vol. 17. – No. 4. – P. 83-90.
4. Зубарев К.П., Рынковская М.И. Расчет нестационарного тепло-влажностного режима в различных климатических зонах влажности России // *Components of scientific and technological progress*. – 2023. – № 1 (79). – С. 17-23.
5. Зубарев К.П., Рынковская М.И. Расчет толщины утеплителя стен зданий при нестационарном влажностном режиме ограждающей конструкции // *Перспективы науки*. – 2023. – № 1 (160). – С. 99-101.
6. Зубарев К.П., Рынковская М.И. Экспериментальное построение шкалы потенциала влажности для силикатного кирпича // *Перспективы науки*. – 2022. – № 9 (156). – С. 55-57.
7. Kapyrin, P. D. Pentasphere predictive analytics for urban environment arrangement and management / P. D. Kapyrin, N. S. Sevryugina // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Chelyabinsk, 26–28 сентября 2018 года. Vol. 451. – Chelyabinsk: Institute of Physics Publishing, 2018. – P. 012192. – DOI 10.1088/1757-899X/451/1/012192.
8. Мечиев, А. В. Общеметодологический подход к оценке риска обеспечения конструктивной безопасности лифтов / А. В. Мечиев, Н. С. Севрюгина, М. А. Степанов // *Механизация строительства*. – 2017. – Т. 78, № 4. – С. 24-29.
9. Севрюгина Н.С., Апатенко А.С. Конструктивная адаптивность машин к эффективному функционированию в полном цикле технологических работ // *Силовое и энергетическое оборудование. Автономные системы*. – 2019. – Т. 2, № 2. – С. 58-68

УДК 631.3

ПРИРОДОПОДОБНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ТЕРМОРЕГУЛИРОВАНИЯ И КЛИМАТ КОНТРОЛЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Ботнарь М. И., мл. научный сотрудник

Войтович Е. В., к.т.н., зав. лабораторией

Лушин К. И., к.т.н., доцент, директор института

Московский политехнический университет, г. Москва, РФ

Аннотация: Представлен метод оценки комфорта рабочих зон сервисных предприятий с комбинированием технологий регулирования температур как техническими системами, так и системой саморегулирования температуры человека.

Ключевые слова. рабочая зона, человек, климатконтроль, терморегулирование, природоподобные системы.

Для производственно-технической инфраструктуры сервисных центров обслуживания и ремонта автомобилей и технологических машин, следует выделить высокие затраты на создание комфортных условий работников.

При этом организация рабочего места включает установку соответствующих организационной и технологической оснастки и оборудования, оценка уровня освещенности и вентиляции [1-2].

Нормативное значение температуры рабочего места следует постоянно контролировать и поддерживать в требуемых значениях.

Для сервисных предприятий применяется как традиционное оборудование помещения системами теплообмена, так и дополнительное применение систем местной вентиляции, кондиционирования. В структуре затрат сервисного предприятия, расходы на отопление составляют порядка 55-65%, а затраты на электроэнергию от 20 до 30%, что в два раза ниже [3].

Данные конструкции достаточно затратны, что ставит задачу поиска путей экономии не только энергии, но и пространственного заполнения спецоборудованием, каковыми являются линии распределенных трубопроводов при организации традиционной водяной или паровой систем отопления [4].

Согласно ГОСТ 12.1.005 «В производственных помещениях площадью более 50 м² на одного работающего следует обеспечивать расчетную температуру воздуха на постоянных рабочих местах и более низкую (но не ниже 10 °С) температуру воздуха на непостоянных рабочих местах.

Для сервисных центров типовые помещения имеют высоту потолков от 6 до 12 метров, что соответственно дает температурное колебание от пола к

потолку, при обеспечении в рабочей зоне $19\text{ }^{\circ}\text{C}$ повышение температуры воздуха в зоне потолка от 15 до $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, что в итоге может составлять $34 - 49\text{ }^{\circ}\text{C}$ и создавать эффект нагрева потолочных конструкций.

Этот эффект реализуется во время смены, когда включено технологическое оборудование, оргоснастка и рабочие выполняют технологические операции.

Для обогрева с применением инфракрасных излучателей подвешенного типа, наибольшему тепловому воздействию подвергается верхняя часть тела работающего. Следует отметить, что рассматривая гомойотермию человека, эта зона уже находится в условном комфорте по сравнению с другими частями тела, за счет внутренней системы теплообмена. Соответственно, установка излучателей с открытым нисходящим потоком теплого воздуха не является рациональным способом из расчета биофизических характеристик человека, у которого в менее комфортном состоянии находятся нижние части тела и руки (рис.1) [5].

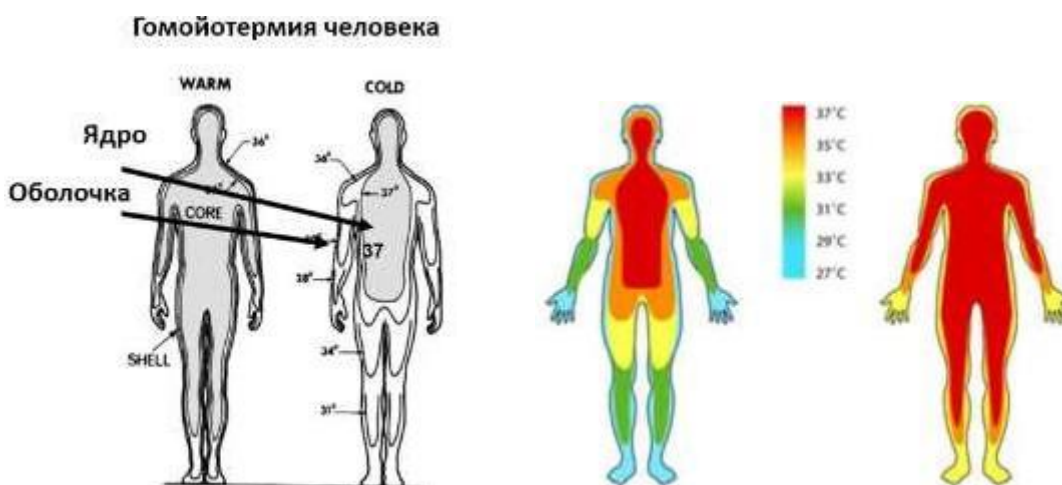


Рис. 1 – Гомойотермия человека

Рассматривая способность теплообмена следует выделить химическое терморегулирование человека заложенное природой, работа в автомобильных сервисах включает выполнение физически сложных и тяжелых операций, которые требуют двигательной и мускульной активности, что в свою очередь меняет температуру тела, увеличивая ее значение.

Как дополнительный элемент терморегулирования выступает и одежда человека, в сервисных центрах предусмотрено одевать спецодежду, которая также способствует сохранению тепла, в условиях холодного периода года и является дополнительным элементом повышающим нагрузки для охлаждения в летний период.

Соответственно, при работе в помещении человек для получения комфортной зоны должен получать порции теплообмена с учетом реального

состояния, учета внутренних составляющих организма и внешней среды, путем пассивного теплообмена.

Применение цифровых технологий позволяет создавать зоны комфортной среды не затрачивая дополнительной энергии, тем самым избегая излишних затрат, для чего в исследованиях проведено прямое численное моделирование (DNS) [6-7].

Представляется, что комфортность можно разделить на базовый температурный режим производственно-технической инфраструктуры обеспечивающий сохранность оборудования и материалов и температурный баланс для работающего человека.

Система контроля температуры и влажности в помещении сводится к выделению реперных точек зонированных пространственных зон помещения.

Дополнительно следует установить время нахождения человека в состоянии стоя, сидя или периодического изменения позы, что также будет значимо при установлении зон температурного комфорта.

В данном случае расчетная модель требует учета расстояния от человека до источника теплопередачи, выраженная формулой:

$$q = \frac{1.8F_1\Delta x^2}{R^4} \left[\left(\frac{t_1+273}{100} \right)^4 - 92 \right],$$

где Δx – продольное расстояние от человека до середины излучающей поверхности нагревателя, м;

F_1 – площадь поверхности излучения открытого нагревателя, м²;

t_1 – температура излучающей поверхности нагревателя, °С;

R – расстояние между центом излучающей поверхности и человеком, м.

При использовании в качестве обогревательной аппаратуры инфракрасных излучателей схема размещения представлена на схеме рис.2.

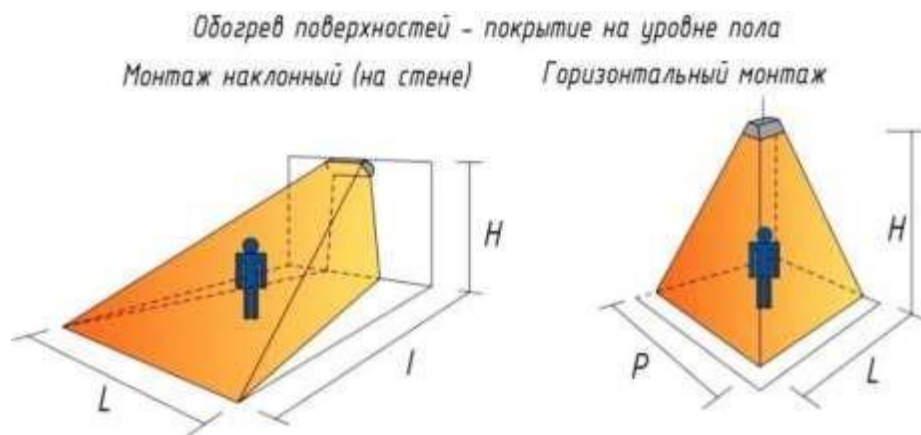


Рис. 2 – Схема размещения излучателей

Выполнен расчет для оборудования инфракрасных нагревателей серии ГИИ-26123 мощностью 30 кВт, подвешенных на высоте 9 м, построены графики и эпюра распределения интенсивности облучения головы человека в рабочей зоне на расстоянии 1,5 м от пола с учетом воздействия (рис.3).

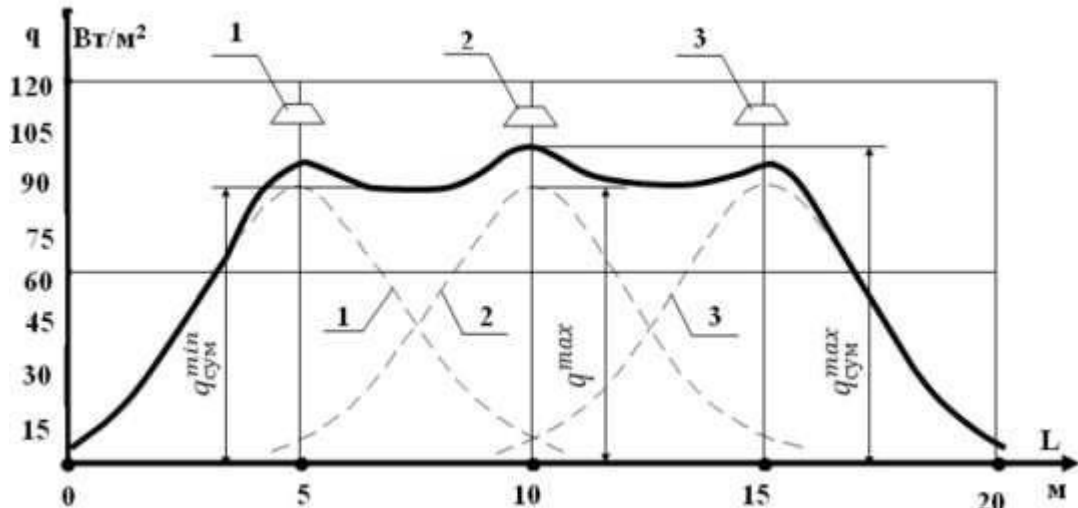


Рис. 3 – Эпюра суммарной интенсивности облучения в рабочей зоне: 1,2 и 3 – номера нагревателей и графики распределения интенсивности облучения от них

В свою очередь, при использовании в помещении закрытых модульных и блочных мультигорелочных нагревателей оценка интенсивности облучения головы человека в рабочей зоне принимает интегральное выражение:

$$q = \int_0^l \frac{1.8S \times L \left[\left(\frac{t_1(X') + 273}{100} \right)^4 - 92 \right]}{[h^2 + \Delta Y + (\Delta X - LX')^2]^2} h(h \cdot \cos \alpha + \Delta Y \cdot \sin \alpha) dx'$$

где $X' = \frac{l}{L}$ - относительная текущая координата;

l - текущая координата вдоль оси нагревателя, м;

L - длина излучающей трубы нагревателя, м;

S^\times - ширина отражателя, м;

h - высота подвески нагревателя, отсчитываемая от уровня головы человека, м;

α - угол наклона нагревателя, град;

ΔX - продольное расстояние от головы человека до точки подсоединения горелки к излучающей трубе нагревателя, м;

ΔY - поперечное отклонение головы человека от оси нагревателя, м.

Как видно из выражения, постоянное изменение позы рабочего в зоне обогрева требует изменения расчетного значения, что не используется, а в итоге применяется осредненное значение, соответственно снижающее окончательных эффект комфортности среды контролируемой в режиме реального времени

Установка системы зонирования и контроля температуры реализуется путем путем сбора данных в режиме реального времени, передачи по блю-туз каналу на приемник, обработка данных и включение точечной терморегуляции, через независимые модули теплообмена.

Исследования проводятся в рамках реализации нацпроекта «Наука и университеты», научная тема «Создание лаборатории качества среды обитания человека и энергоэффективности городского хозяйства (FZRR-2022-0007)», рег. номер 1022072100016-6-2.1.3

Библиографический список

1. Влияние социальных факторов на требуемый уровень тепловой защиты наружных стен жилых зданий / А. И. Ананьев, А. Г. Рымаров, Е. В. Войтович, А. П. Латушкин // Вестник МГСУ. – 2017. – Т. 12, № 7(106). – С. 741-746. – DOI 10.22227/1997-0935.2017.7.741-746.

2. Теплопоступления на фасад здания в застройке при учете теплообмена излучением / Е. В. Коркина, Е. В. Войтович, Н. Ю. Плющенко, М. Д. Столяров // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2019. – № 9. – С. 46-53. – DOI 10.34031/article_5da44e83653801.83128737.

3. Самарин, О. Д. Оценка влияния изменения климата на энергопотребление систем обеспечения микроклимата зданий / О. Д. Самарин, К. И. Лушин // Жилищное строительство. – 2020. – № 1-2. – С. 21-24. – DOI 10.31659/0044-4472-2020-1-2-21-24.

4. Рымаров, А. Г. Тепловой режим теплоизолированного трубопровода системы холодного водоснабжения / А. Г. Рымаров, К. И. Лушин // Научно-практический интернет-журнал "Наука. Строительство. Образование". – 2012. – № 1. – С. 7.

5. Косенко, Е. А. Природоподобные материалы и конструкции в машиностроении : монография / Е. А. Косенко, Н. И. Баурова, В. А. Зорин. – Москва : Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 2020. – 304 с. – ISBN 978-5-7962-0259-3.

6. Самарин, О. Д. О распределении энергозатрат жилых зданий и исследовании температурного графика в их системах теплоснабжения / О. Д.

Самарин, К. И. Лушин // Энергосбережение и водоподготовка. – 2008. – № 1(51). – С. 56-59.

7. Юферев, Л. Ю. Обеззараживание и обеспыливание воздуха в помещениях на основе электрофилтра / Л. Ю. Юферев, Д. М. Селезнева, Е. А. Овсянникова // Сельский механизатор. – 2020. – № 4. – С. 20-21.

УДК 631.3

ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩИЕ СПЛИН СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Ботнарь М. И., мл. научный сотрудник

Войтович Е. В., к.т.н., зав. лабораторией

Московский политехнический университет, г. Москва, РФ

Аннотация: Дано теоретико-практическое обоснование применения сплин системы с импортозамещающими компонентами и выделением расчетной модели оценки ключевых параметров надежности функционирования в зданиях различного назначения.

Ключевые слова: комфорт, помещение, кондиционирование. сплин система, надежность, эффективность, импортозамещение

Вопрос комфортной среды внутри помещений является не просто задачей обеспечения удобств человеку, но и одним из основных параметров эффективности любого производства, зависящего от качества труда человека на рабочем месте [1-2].

Комфортная климатическая среда внутри помещения обеспечивается установкой специального оборудования – систем кондиционирования, среди которого наиболее совершенной является разработка различных моделей сплин систем. Сравнивая различные системы кондиционирования заметное преимущество имеют сплин системы, имеющие независимые внутренние и внешние блоки размещения; многоярусную систему внутреннего расположения, включающую от 2 до 9 блоков; различную мощность внешних блоков; двойной функционал с выбором режима: обогрев/охлаждение; инверторное управление с контролем микроклимата и регулировкой производительности.

Выбор типа систем климатизации подчинен двум факторам, в первую очередь технических возможностей и ограничений проектировки здания, второе – заявка потребителя, на конкретные требования в отношении микроклимата

(тепловая комфортность, минимальное количество наружного воздуха, его подвижность внутри отдельных помещений, уровень шума, дизайн и прочее) [3].

Выпускаемые производителем сплин системы характеризуются различной производительностью, но в совокупности прочих показателей обеспечивают одинаковый функциональный эффект. В свою очередь одинаковая стоимость, но отличные по технологии климатические систем могут не обеспечивать требуемых параметров, что приводит к различной продолжительности дискомфорта в течении года и в итоге к различному годовому энергопотреблению.

В совокупности с капитальными затратами и эксплуатационными расходами при выборе сплин системы, основным критерием выделяется показатель надежности потребительских свойств систем климатизации. Данный критерий включает характеристику способности обеспечивать и поддерживать значения параметров микроклимата и чистоты воздуха в заданный период времени [4].

Импортозамещение сплин систем для потребителя является актуальным из-за возникающих проблем в обслуживании и ремонте, при возникновении отказов, т.е. надежностью оборудования сплин систем. Также требуется учитывать показатель наработки на отказ компонентов системы климатизации.

Теоретические разработки обосновывают необходимость выбора системы с избыточным значением срока службы, а моделирование вариантов схем размещения оборудования позволяет выявить вероятностные отказы при работе оборудования, составить регламенты сервисных работ и перечень операций, обосновывая целесообразность резервирования или дублирования отдельных компонентов.

При выборе оборудования сплин систем с длительным сроком службы следует учитывать технологичность, т.е. возможность переналадки, адаптируя базовую типовую систему климатизации к новым требованиям, вплоть до модернизации с заменой оборудования и компонентов на последние инновационные модели [5-7].

Как отмечалось выше, сплин системы обеспечивают двухзадачное решение: для систем отопления обогрев в соответствии с теплопотерями и для систем охлаждения – отвод тепла в соответствии с теплопоступлениями в помещении. В практике принято использовать значения удельных показателей, что не позволяет получить реальные данные по каждой системе как для отдельного помещения, так и для здания в целом.

Для жилых зданий надежность инженерных систем климат контроля характеризуется функциональными показателями эффективности работы для

нормированного лага времени, сохранения работоспособности и ресурсным потенциалом структурных компонентов их наработкой на отказ.

Расчетная модель надежности сплин систем представлена показателем вероятности безотказной работы, выражаемой в процентном отношении и определяется по формуле:

$$P(t) = \exp(-z \cdot t), \quad (1)$$

где t – нормативная продолжительность работы оборудования, ч;

z – интенсивность отказов (принимается по ТУ изготовителя);

T_0 – наработка на отказ оборудования (принимается по ТУ изготовителя).

Учитывая, что структура инженерных систем как правило представлена многоступенчатыми схемами с последовательным соединением, то вероятность безотказной работы для инженерной системы в целом принимает вид:

$$P(t)_{\text{общ}} = \exp(-z \cdot t), \quad (2)$$

$$P(t)_{\Sigma} = P(t)_1 \cdot P(t)_2 \cdot \dots \cdot P(t)_n. \quad (3)$$

Типовое нормирование регламентирует изготовителям для оборудования, включаемого в структуру инженерных систем расчетную надежность устанавливать в пределах:

- теплоснабжение – от 90% до 99%;
- отопление – 95 %;
- вентиляции – 90 %.

Результаты исследований показали, что для типового комплекта инженерных систем с 2018 г на обследуемых объектах возникали следующие отказы, таблица 1.

Таблица 1 – Сводные данные по количеству отказов в инженерных системах

Наименование	Кол-во обор. Ед.	Кол-во сервисных обращений	Основная причина
Вент модуль	109	4	Выход из строя из-за перегрева
Модуль нагрева/охлажд	109	8	Обмерзание, протечка
Модуль водяного нагрева	38	6	Образование воздушной пробки (завоздушивание)
Увлажнитель	64	10	Ранний выход из строя пластины увлажнителя/протечка
Электронный фильтр	109	8	Попадание крупных частиц, издается звук элеткрического разряда
Наружный блок	109	6	Отключение автоматики

Так как теоретические выкладки показывают, что выполнение нормированных значений для инженерных систем в целом экономически может быть не оправдано, то предлагается на базе типовых сплин систем, ввести резервные компоненты, компенсирующие отказавшее оборудование с условием восстановления работоспособности вышедшего из строя компонента в течении 4 часов или его замены.

Данное условие в целом позволит вывести общий показатель надежности на заявленный уровень и обоснованно предложить потребителю вариант выбора сплин системы с оптимальным насыщением внутренними блоками и инженерными сетями климат комфорта с экономически оправданным импортозамещающими компонентами.

Исследования проводятся в рамках реализации нацпроекта «Наука и университеты», научная тема «Создание лаборатории качества среды обитания человека и энергоэффективности городского хозяйства (FZRR-2022-0007)», рег. номер 1022072100016-6-2.1.3

Библиографический список

1. Самарин, О. Д. Техничко-экономическое обоснование энергосбережения в общественных зданиях за счёт теплоутилизации в системах вентиляции / О. Д. Самарин, Н. И. Бызов, К. И. Лушин // Сантехника, Отопление, Кондиционирование. – 2018. – № 1(193). – С. 100-102.

2. Рымаров, А. Г. Тепловой режим теплоизолированного трубопровода системы холодного водоснабжения / А. Г. Рымаров, К. И. Лушин // Научно-практический интернет-журнал "Наука. Строительство. Образование". – 2012. – № 1. – С. 7.

3. Зубарев, К. П. Теоретические и экспериментальные методы определения сопротивления теплопередаче. Обзор литературы / К. П. Зубарев, А. И. Бородулина, А. Р. Галлямова // Строительные материалы. – 2021. – № 6. – С. 9-14. – DOI 10.31659/0585-430X-2021-792-6-9-14.

4. К вопросу о применении ветрогидрозащитных мембран в навесных фасадных системах с вентилируемой воздушной прослойкой / В. Г. Гагарин, В. В. Козлов, К. И. Лушин, П. П. Пастушков // Научно-технический вестник Поволжья. – 2013. – № 3. – С. 120-122. – EDN QIAMXZ.

5. Рымаров, А. Г. Особенности расчета теплового режима линейных подземных сооружений на примере автотранспортного тоннеля / А. Г. Рымаров, К. И. Лушин // Научно-практический интернет-журнал "Наука. Строительство. Образование". – 2011. – № 2. – С. 5.

6. Зубарев, К. П. Современные разработки систем воздушного отопления / К. П. Зубарев, К. Г. Пикалов // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2021. – № 9(1045). – С. 44-46.

7. Юферев, Л. Ю. Обеззараживание и обеспыливание воздуха в помещениях на основе электрофильтра / Л. Ю. Юферев, Д. М. Селезнева, Е. А. Овсянникова // Сельский механизатор. – 2020. – № 4. – С. 20-21. – EDN ZVXWOD.

УДК 681.536.5

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ НАГРЕВАТЕЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

Воронцов И. Н., магистрант

Шевкун В. А., к.с.-х.н., доцент

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, Россия, г. Москва

Аннотация. В статье рассматривается реализация устройства контроля температуры и жидкости в резервуарах. Принцип ее работы заключается в автоматической подаче воды и запуска нагревательного элемента с помощью системы управления. Обработанный сигнал выводится на дисплей, который показывает минимальный и максимальный уровень воды в баке, а также температуру жидкости в данный момент времени.

Ключевые слова: датчики, измерительные приборы, нагревательный элемент, резервуар, система управления.

Введение

Чтобы измерять температуру в резервуаре, используют показания специальных температурных датчиков. В данной работе используется для таких целей погружной аналоговый датчик температуры с пассивным выходом «ESTF Pt 100», технические данные которого представлены в таблице 1.

Таблица 3 – Технические данные

Диапазон Измерений	Измерительный ток	Выход датчика	Длина кабеля	Степень защиты	Макс. давление
-50...+180°C	1 мА	пассивный	1,5 м	IP65	40 бар

Кабельный термометр сопротивления врезан в резервуар для более надежной фиксации, точка его измерения температуры полностью интегрирована в ввинчиваемый датчик. Выбранный датчик полностью удовлетворяет требованиям данной работы. Рисунок датчика показан на рисунке 1.



Рис. 4 – Датчик температуры ESTF PT100

Датчик должен выдерживать рабочую температуру от 0 до 100 °С, необходимость контролировать максимальные и минимальные уровни, допустимость интеграции в систему автоматизированного управления.

Для подачи воды в резервуар используется система управления, которая контролирует 2 уровня воды. 1 уровень означает что бак пуст, в этом случае автоматически запускается двигатель плавного пуска, который производит налив. 2 уровень означает что бак полон, поэтому двигатель завершает работу, и подача воды прекращается. Для корректной работы данного механизма, используется преобразователь магнитный поплавковый ПМП – 152 (рис.2). Принцип действия, которого основан на применении герконов, изменяющих свое состояние (замкнут/разомкнут) при воздействии магнитного поля, технические данные которого представлены в таблице 2.

Таблица 4 – Технические данные

Количество контрольных уровней	Погрешность установки величины	Напряжение, В	Ток, мА	Степень защиты	Температура контролируемой среды, °С
2	±5мм	24	400	IP66	-50...+125°С



Рис. 5 – Поплавковый датчик KLS26-MR-L10

Реализация данного устройства описывается структурной схемой (рис.3)

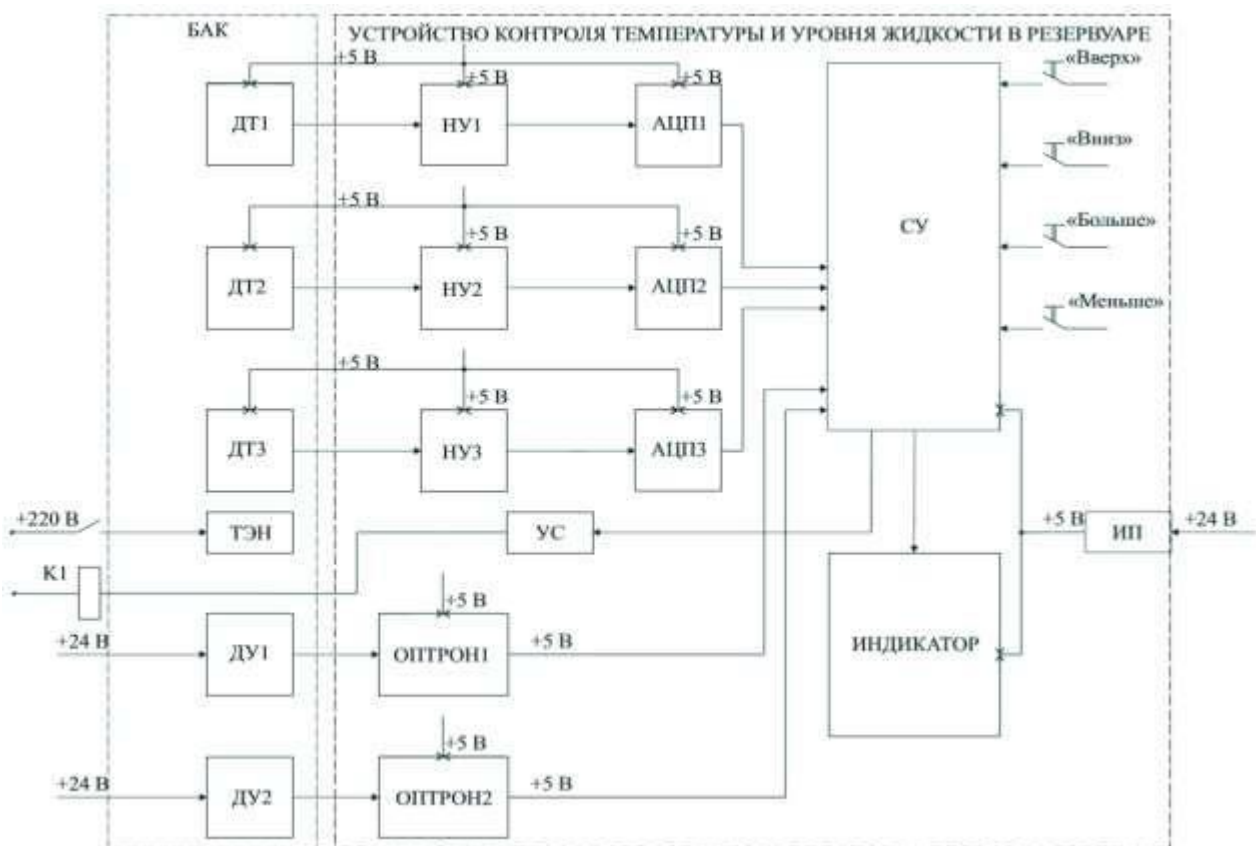


Рис. 6 – Структурная схема устройства контроля температуры и уровня жидкостей в резервуаре

На структурной схеме представлены следующие функциональные блоки: ДТ1 – ДТ3 – датчики температуры жидкости; НУ1 – НУ3 – нормирующие устройства, которые преобразуют входной сигнал от датчиков в унифицированный сигнал стандартных диапазонов; АЦП1 – АЦП3 – аналогово-цифровые преобразователи, служат для преобразования аналоговых сигналов в цифровые сигналы; СУ – система управления датчиков; ТЭН – трубчатый электронагреватель, служит для нагрева воды; УС – управляющие устройство

К1; ДУ1 – ДУ2 – датчики уровня воды; ИП – источник питания индикатора и системы управления; Клавиши служат для настройки датчиков.

Устройство обеспечивает автоматическое поддержание заданной температуры и уровня воды в баке. Текущее значение воды отображается на индикаторе. Значения уставок по температуре воды и её уровни в баке, минимальный и максимальный, могут быть оперативно изменены в процессе эксплуатации.

Таким образом, устройство обеспечивает автоматическое поддержание заданной температуры и уровня воды в баке. Данная система управления может работать с большими объемами бака и мощностями нагревательных элементов. Эта система управления может быть использована в различных областях, таких как промышленное производство, медицинская техника, автомобильная промышленность, электроника и многие другие.

Библиографический список

1. Шонфелдер Г., Шнайдер К., Измерительные устройства на базе микропроцессора Atmega: СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 288 с. – Текст: непосредственный.

2. Васильев В.И., Гусев В.Ю., Электронные промышленные устройства: Изд-во Высшая школа, 1998. – 303 с. – Текст: непосредственный.

3. Гутников В. С., Интегральная электроника в измерительных устройствах. – 2-е изд., перераб. и доп. — Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. Отделение, 1988. — 304 с. – Текст: непосредственный.

4. Пейтон, В. Волш, Аналоговая электроника на операционных усилителях – М.: БИНОМ, 1994. – 352 с. – Текст: непосредственный.

5. Сулимов Ю. И., Электронные промышленные устройства: учебник – Томск: Эль Контент, 2012. – 126 с. – Текст: непосредственный.

6. Трухний, А. Д. Основы современной энергетики Том 1. Современная теплоэнергетика: Издательский дом МЭИ, 2019. – 356 с. – Текст: электронный.

7. А.Г. Липин, А.А. Липин, Ю.Е. Романенко, А.В. Шибашов, Тепловые процессы: учеб. пособие / [А.Г. Липин и др.]; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2018.– 80 с. Текст: непосредственный.

8. Петров П.А., Крутина Е.В., Калпин Ю.Г., Нагрев и нагревательные устройства в кузнечном производстве: Учебное пособие для вузов. – М.: МГТУ «МАМИ», 2010.– 110 с.

УДК 697.9

МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ

Ляшов А. С., магистрант

Рулев Д. С., магистрант

Дранный А. В., кандидат технических наук, доцент кафедры теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, г. Москва, РФ

Аннотация. В настоящее время тема снижения энергопотребления становится все актуальней. Повышение энергоэффективности систем вентиляции и кондиционирования – важная составляющая обеспечения микроклимата. Решение данной задачи достижимо разными способами.

Ключевые слова: Энергоэффективность, вентиляция, рекуперация, микроклимат.

В современных условиях мировых тенденций проблема сбережения ресурсов и энергии является одной из самых актуальных. Проводится множество исследований, связанных с повышением энергоэффективности во всех сферах как производства, так и общественной жизни. Помимо усовершенствования уже известных методов энергосбережения, с развитием технологий, автоматизации и цифровизации, в развитых странах появляются также и новые перспективные направления.

В последние годы большее внимание стало уделяться и системам вентиляции и кондиционирования. Ведь данная сфера играет не последнюю роль в создании комфортного микроклимата в помещении и благоприятных условий труда, на который приходится порядка 50% всех энергозатрат. Модернизация систем вентиляции – очень важный и ответственный шаг на пути энергосбережения.

Современные вентиляционные системы могут представлять собой как единичное устройство, так и сложную систему, включающую в себя оборудование огромной мощности (сами вентиляторы, двигатели), разветвленные распределительные сети (воздухораспределители, сети воздухопроводов, каналы, воздухозаборники), элементы управления вентиляцией помещений или здания в целом для регулирования расхода, а также большое число мелких элементов системы (вытяжки, решетки). Помимо этого, важными элементами в системе являются устройства очистки воздуха и утилизации

вредных примесей. В связи с этим разрабатываются и внедряются различные технологические и технические решения, направленные на снижение энергозатрат и зависящие от поставленных условий.

В основном для повышения энергоэффективности применяют рекуперацию и рециркуляцию воздуха. Децентрализация и независимость отдельных участков сети вентиляции – тоже один из методов снижения расходов на электроэнергию и улучшению стабильности системы. Также, в связи с тенденцией последних лет в плане автоматизации и цифровизации, все чаще внедряют системы мониторинга и контроля расхода воздуха.

Рекуперация тепла в системах вентиляции – способ сообщения теплоэнергии от отработанного внутреннего воздуха к приточному свежему. Ее применяют для подогревания поступающих снаружи воздушных масс, что в свою очередь снижает нагрузку на калориферы, подогревающие воздух извне. При достаточно точном расчете и установки оборудования можно достичь передачи примерно 85% тепла от удаляемого из здания воздуха. Процесс в рекуперативном теплообменнике происходит таким образом, чтобы не происходило смешивание нагнетаемого и удаляемого потоков, что способствует снижению накопления болезнетворных бактерий и газов, негативно влияющих на микроклимат помещений. Применение данного типа теплообменника хоть и является затратным при установке, но отличным решением в условиях ограниченности пространства и объемов энергии.

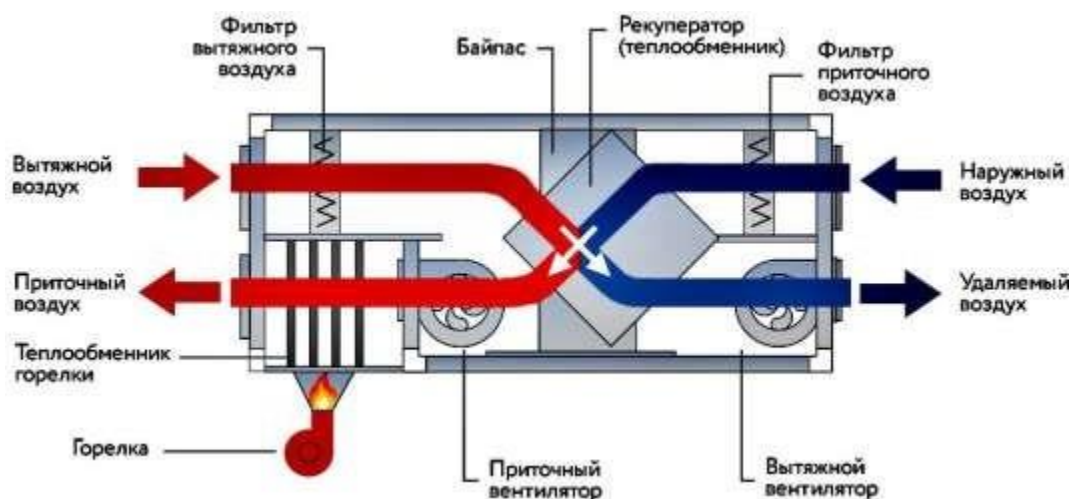


Рис. 1 – Система рекуперации воздуха

Другой способ подогрева воздуха в помещении – это рециркуляция. В ее процессе потоки газов полностью или частично перенаправляются обратно в помещение, тем самым обеспечивая экономию энергии за счет меньшей разницы температур. Рециркуляцию применяют в основном в переходные и холодные периоды, обусловленные большей эффективностью, нежели в летний. Такая

система не требует больших материальных затрат, но существенным минусом является ограниченная область применения: ее нельзя использовать в помещениях, содержащих в воздухе множество вредных выбросов, горючих веществ, патогенов.



Рис. 2 – Рециркуляция воздуха в рабочей зоне

Также, необходимо обратить внимание на регулирование системы вентиляции. Часто многие системы работают на постоянной мощности, что является неоптимальным с точки зрения энергопотребления. Вместо этого, можно применять системы управления, которые могут изменять скорость вентиляторов и объем воздуха в зависимости от реальной потребности. С помощью современных технологий и автоматизированных систем управления можно определить оптимальные временные режимы работы, настроить параметры управления в зависимости от внешних условий и потребностей помещения. Например, при использовании датчиков движения и освещенности можно регулировать вентиляцию и кондиционирование в зависимости от занятости помещения и наличия естественного освещения. Это позволяет снизить энергозатраты за счет уменьшения времени работы системы в периоды низкой активности.

Еще одним энергозатратным аспектом в системе вентиляции является аэродинамические потери в них. Они возникают из-за установленных дополнительных элементов, обеспечивающих заданный расход воздуха, например шиберы, заслонки, решетки, фильтры. Снизить данный вид затрат

энергии возможно за счет замены вентиляционного оборудования огромных мощностей на меньшие, но расположенные в каждой ветке системы, при этом не снижая расход воздуха.

Таким образом, разработка и применение современных методов снижения энергозатрат в системах вентиляции и кондиционирования является важной задачей с точки зрения энергоэффективности и экологической безопасности. Проблема уменьшения затрат энергии на вентиляцию и кондиционирование – многофакторная и заслуживает должного внимания и дальнейшего изучения. Оптимизация работы системы, использование энергоэффективного оборудования, введение современных технологий все это поможет снизить энергозатраты и создать более комфортные условия в помещениях при минимальном воздействии на окружающую среду. Данные методы позволяют повысить энергоэффективность как системы в целом, так и ее отдельных элементов и сократить потребление энергоресурсов.

Библиографический список

1. Балашов, А. А. Проектирование системы отопления и вентиляции гражданских зданий. Учеб. пособие / А. А. Балашов, Н. Ю. Полунина – Тамбов: изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2017 – 88 с.
2. Наумов А.Л., Капко Д.В. Локальные системы кондиционирования воздуха в офисных зданиях // АВОК. – 2012. – № 2.
3. Рудобашта, С. П. Теплотехника: учебник / С. П. Рудобашта. – М.: Перо, 2015. – 675 с.
4. СП 60.13330. 2012 – Отопление, вентиляция и кондиционирование.
5. СНиП 41-01-2014 – Отопление, вентиляция и кондиционирование.
6. Хрусталеv, Б.М. Теплоснабжение и вентиляция / Б.М. Хрусталеv, Ю.Я. Кувшинов. – М.: АСВ, 2008.
7. Шелехов И.Ю., Шишелова Т.И. Повышение эффективности приточных установок в системе вентиляции зданий // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 8-3. – С. 683-686.

УДК 631.3

РЕИНЖИНИРИНГ БИОГАЗОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЗАЦИЕЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗМУЩЕНИЙ В МЕТАНТЕНКЕ

Осмонов О. М., д.т.н., профессор кафедры теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий

Таханов М. П., соискатель

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; г. Москва, РФ

Аннотация. В работе рассмотрены аспекты реинжиниринга биогазовой технологии анаэробной переработки органических отходов сельскохозяйственного производства за счет организации комбинированных гидродинамических возмущений потока.

Ключевые слова: органические отходы, анаэробная переработка отходов, биогазовая технология, метантенк.

Согласно Федеральным законам Российской Федерации «Об охране окружающей среды», «Об отходах производства и потребления» эффективность сельскохозяйственного производства оценивается с учётом его влияния на окружающую среду. В сельскохозяйственном производстве Российской Федерации ежегодно образуются значительное количество органических отходов и актуальными являются вопросы их эффективной утилизации. Отходы сельскохозяйственного производства, в особенности отходы животноводства от крупных животноводческих комплексов являются очагами загрязнения окружающей среды, в то же время сельхозугодия растениеводческой отрасли недополучают ценное органическое удобрение в виде навоза и для восстановления плодородия почвы пахотных земель требуется ежегодное внесение 840 млн тонн органических удобрений (в среднем около 6 т/га) [1].

В силу вышеуказанных причин, прогрессивные технологии утилизации отходов должны предусматривать создание экологически замкнутых биологических систем, в которых бы в максимальной степени использовался естественный кругооборот энергии и главным направлением использования отходов животноводства в виде навоза и помёта является их применение в качестве органического удобрения для повышения плодородия почв сельскохозяйственного назначения. При этом, как известно, свежий навоз вносить в сельхозугодия нельзя и наиболее рациональным способом подготовки навоза животных к использованию в качестве органического удобрения, является биогазовая технология их анаэробной переработки в метантенках.

Биогазовая технология наряду с экологическим (обеззараживание отходов) и агрохимическим (получение высококачественных органических удобрений) аспектами позволяет получение газообразного топлива в виде биогаза.

Реинжиниринг биогазовой технологии должен учитывать, что технологический процесс анаэробной переработки отходов в метантенках включает в себя два этапа (рис. 1) и итоговая скорость технологического процесса в целом зависит от скорости протекания каждой из его этапов [2].

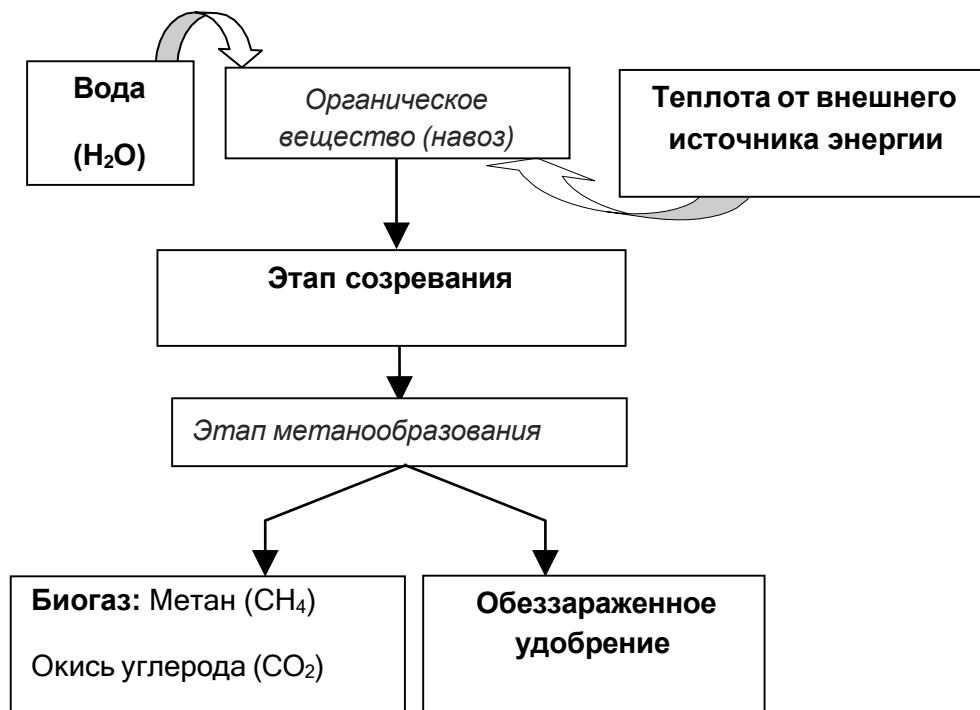


Рис. 1 – Схема биогазовой технологии переработки органических отходов сельскохозяйственного производства

В первом этапе кислотообразующие бактерии (броидильные микроорганизмы) расщепляют сложные органические соединения (клетчатка, белки, жиры и др.) в более простые (летучие жирные кислоты, низшие спирты, водород и окиси углерода, уксусная и муравьиная кислота и др.). Второй этап процесса осуществляют метанообразующие бактерии, которые являются анаэробными и в процессе своей жизнедеятельности превращают органические кислоты в метан (CH₄, углекислый газ (CO₂) и воду.

При анаэробной переработке отходов с получением биогаза метанообразующие бактерии являются основными и значительно медленнее размножаются, а также более чувствительны к изменениям окружающей среды, чем кислотообразующие микроорганизмы-броидильщики, поэтому перед началом образования биогаза в сбраживаемой среде накапливаются летучие жирные кислоты. В установившемся режиме сбраживания скорости образования

и потребления кислот выравниваются, и в дальнейшем разложение органического вещества отходов и образование газа идут параллельно.

Таким образом, скорость процесса биогазовой технологии переработки органических отходов животноводства определяется этапом метанообразования, и зависит от условий, которые создаются для жизнедеятельности метанообразующих анаэробных микроорганизмов.

В животноводческих предприятиях с использованием гидравлической системы удаления навоза из животноводческих помещений (например, в крупных свиноводческих комплексах промышленного типа) образуются большие объемы жидких навозных стоков влажностью выше 95% и актуальными являются вопросы эффективной утилизации больших объемов жидких стоков с низким содержанием органического вещества в метантенках в виде анаэробного фильтра.

Перерабатываемые в метантенках-анаэробных фильтрах жидкие навозные стоки содержат небольшое количество сухого органического вещества (меньше 5% общей массы стоков), используемого в качестве пищи метанообразующими микроорганизмами, их эффективная жизнедеятельность с выделением биогаза снижается и возникает необходимость реинжиниринга биогазовой технологии. Одним из направлений реинжиниринга биогазовой технологии с интенсификацией процесса анаэробного сбраживания жидких стоков в анаэробных фильтрах является применение гидродинамических возмущений сбраживаемого потока.

Для реинжиниринга биогазовой технологии анаэробного сбраживания жидких стоков в анаэробных фильтрах нами разработана конструкция метантенка с устройством, создающим комбинированные гидродинамические возмущения сбраживаемого потока за счет изменения скорости движения сбраживаемого субстрата, колебания уровня свободной поверхности и изменения гидростатического давления [3, 4].

Конструктивно разработанный в целях реинжиниринга биогазовой технологии метантенк (рис. 2) представляет собой анаэробный фильтр с триггерным устройством, который служит источником циклических гидродинамических возмущений [5, 6].

Предлагаемая нами конструкция метантенка содержит: анаэробный фильтр 3, патрубки для подачи животноводческих стоков 2 и отвода сбраживаемого субстрата 12, насос для подачи животноводческих стоков 1, иммобилизованный носитель анаэробной биомассы 14, патрубков для отвода биогаза 4, гидравлический затвор 5, газгольдер 7, отводной патрубков для подачи биогаза потребителям 6.

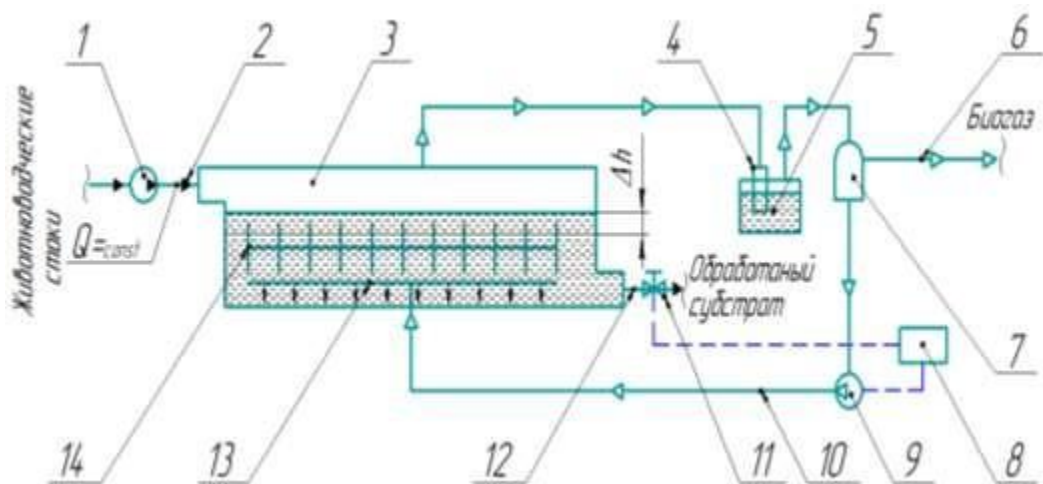


Рис. 2 – Метантенк-анаэробный биофильтр с устройством для организации комбинированных гидродинамических возмущений потока

Перфорированная трубу 13, отличается тем, что он дополнительно содержит триггер 8, который на входе скоммутирован с линией слива через вентиль, а на выходе он скоммутирован с насосом 9, установленным на линии подачи биогаза от газгольдера к метантенку со стороны его донной части.

Для включения в систему реинжиниринга биогазовой технологии в представленном направлении нами исследованы закономерности гидродинамического возмущения в метантенке за счет изменения скорости движения сбрасываемого субстрата, колебания уровня поверхности сбрасываемого субстрата и изменения гидростатического давления. Также нами разработана гидравлическая модель метантенка с устройством, создающим гидродинамические возмущения за счет изменения скорости движения сбрасываемого субстрата, колебания уровня свободной поверхности и изменения гидростатического давления.

Биогазовая технология переработки отходов после реинжиниринга с применением метантенка с организацией гидродинамических возмущений, позволит интенсифицировать процесс анаэробного сбраживания с выделением биогаза и повысить степень обеззараживания жидких навозных стоков животноводческих комплексов.

Библиографический список

1. Осмонов О.М., Таханов М.П. Энергообеспечение биогазового реактора для анаэробной переработки органических отходов сельскохозяйственного производства. //Коллективная монография «Современная агроинженерия» – М.: ООО «Мегаполис», 2022, - 431 с.

2. Осмонов О.М. Основы инженерного расчета автономных гелиобиоэнергетических установок: монография. – М.: Энергия, 2011. – 175 с.

3. Таханов М.П., Осмонов О.М., Савватеева И.А., Горохов К.К. Повышение эффективности работы метантенка гидродинамическим возмущением сбрасываемого потока. // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Т17. №1. - с. 120-127.

4. Таханов М.П., Осмонов О.М. Модернизированная анаэробная технология переработки навозных стоков. //В сборнике «Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития. Материалы всероссийской научно-практической конференции. – Благовещенск, 2023. - с. 246-252.

5. Патент № RU 2678673 С1. Российская Федерация. Установка для анаэробного сбрасывания: заявл. № 2017132640 от 18.09.2017: опубл. 30.01.2019 / Таханов М.П., Васильев Ф.А., Ильин С.А., Евтеев В.К. Бюл. № 4. 8 с.

6. Таханов М. П., Осмонов О. М. Установка по метановому сбрасыванию // Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК: материалы X нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет, 2022. С. 202-205.

УДК 664.834

АНАЛИЗ КИНЕТИКИ СУШКИ ЯБЛОЧНОЙ КОЖУРЫ

Подъяблонская Д. О., магистрант

Рудобахта С. П., д.т.н., профессор кафедры теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

Аннотация. Приведены результаты исследования кинетики осциллирующей инфракрасной сушки яблочной кожуры при температуре 40°C. Показано, что кривая сушки содержит два периода, эта информация важна для расчета продолжительности сушки. Даны рекомендации по вакуумной досушке материала.

Ключевые слова: сушка; яблочная кожура; важность материала.

Введение. Сушка фруктов является одной из традиционных технологий их консервирования. Сухофрукты допускают длительное хранение, их транспортировка требует меньших энергозатрат, в продукте сохраняются в

большом количестве витамины и другие полезные вещества. Это обуславливает достаточно широкое применение этой технологии в пищевой промышленности. При приготовлении некоторых продуктов питания из яблок осуществляется их очистка от кожуры [1]. Последняя содержит большое количество витаминов и других питательных веществ и поэтому требует своей переработки на полезные продукты питания. Яблочная кожура содержит: витамины А, Е, К; фолиевую и аскорбиновую кислоту; кальций; клетчатку; калий; фосфор; натрий; цинк и др. вещества. В связи с содержанием большого количества полезных веществ в яблочной кожуре возникает задача ее сушки, которая и рассматривается в данной работе. При сушке фруктов и овощей, которая характеризуется относительно небольшими производствами (по сравнению с сушкой зернопродуктов), в последние годы при их переработке широко применяется инфракрасная сушка (ИК-сушка) [2]. Поэтому представляло интерес исследовать процесс сушки яблочной кожуры методом осциллирующей инфракрасной сушки. Осциллирующий (прерывистый) режим позволяет не перегревать материал и тем самым обеспечивает высокую сохранность витаминов и других питательных веществ, содержащихся в кожуре яблок.

Цель и задачи исследования. Исследовать кинетику сушки яблочной кожуры осциллирующим инфракрасным способом путем снятия и анализа кривой сушки.

Условия, материалы и методы. Исследование проводили на опытной лабораторной установке. Материал находился на металлической сетке, расположенной на чаше весов марки «Scale Cas MWP–300» электронного типа (погрешность измерения веса 0,005 г.

Описание эксперимента и его результаты. Принципиальная схема экспериментальной установки показана на рис. 1.

Установка имеет сушильную камеру 1, в нижней части которой (заподлицо с днищем в специально вырезанном в нем круглом отверстии) был расположен сетчатый поддон с высушиваемым материалом – тонким слоем в несколько мм. Поддон находился на поролоновой вставке, которая, в свою очередь, была установлена на чаше весов 12, расположенных под сушильной камерой. В верхней части установки симметрично относительно высушиваемого материала были расположены электрические инфракрасные излучатели 2 – лампы «OSRAM Siccatherm», датчик оптического пирометра 3. Система автоматического регулирования включала в себя датчик оптического пирометра 3, электронный блок пирометра 8, блок питания 9, автоматический регулятор ТРМ202.

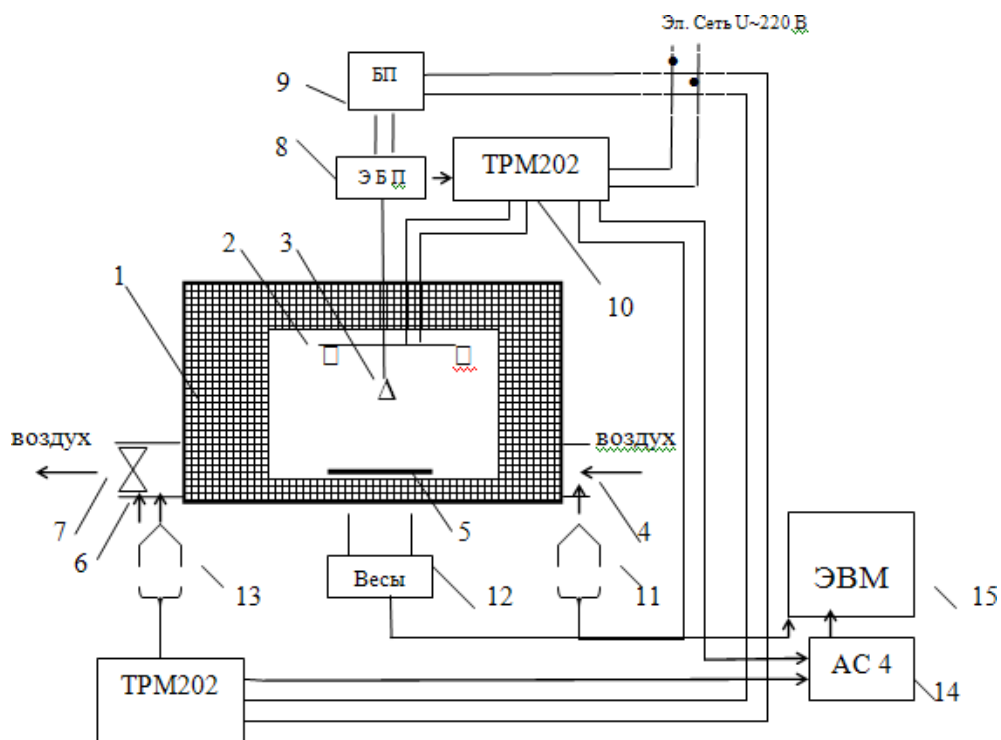


Рис. 1 – Принципиальная схема установки для осциллирующей ИК–сушки яблочной кожуры: 1-сушильная камера, 2- инфракрасные электрические излучатели, 3-датчик оптического пирометра, 4- воздухозаборное отверстие, 5- сетчатый поддон с высушиваемым материалом, 6- воздухоотводящий патрубок, 7-вентилятор, 8-электронный блок пирометра, 9-блок питания, 11- термометр сопротивления, 12-лабораторные весы, 13-датчик влажности и температуры, 14- адаптер интерфейса марки АС 4,15- компорт ПЭВМ.

Воздух извне поступал через воздухозаборное отверстие 4, продувался через внутреннюю часть сушильной камеры с помощью вентиляторов 7 и удалялся в атмосферу через отводящий патрубок 6.

Температуру материала, облучаемого ИК излучателями, измеряли с помощью оптического датчика бесконтактного пирометра Raytek MID с выходом стандартного сигнала 4-20 мА. Индикация температуры осуществлялась с помощью 2-х канального измерителя-регулятора TRM202.

С помощью информационно-управляющей системы, которой была оснащена установка, в циклах поддерживалась максимальная температура нагрева материала $t_{\max} = 40^{\circ}\text{C}$ и минимальная - $t_{\min} = 34^{\circ}\text{C}$. Средняя температура материала в опытах составляла 37°C . Начальный вес высушиваемого материала составлял 4,275 г.

В результате эксперимента была получена зависимость массы высушиваемого материала от времени сушки, представленная на рисунке 2.

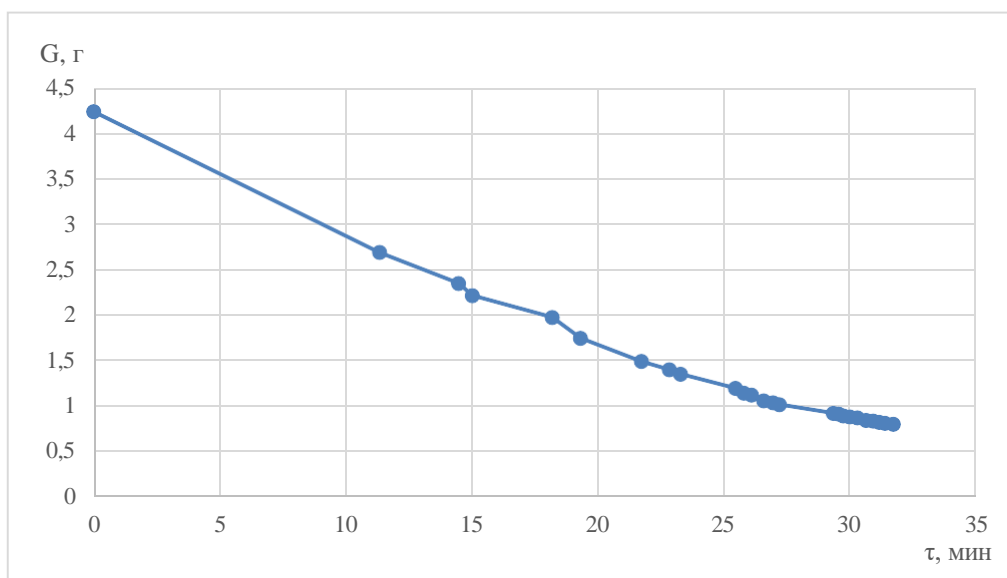


Рис. 2. Изменение массы яблочной кожуры от времени сушки τ

Как видно из графика, на протяжении 22 мин сушки наблюдается постоянная высокая скорость сушки, что является следствием поддержания температуры материала на постоянном уровне (37°C). На заключительном этапе сушки (при $\tau > 22$ мин) происходит замедление процесса сушки, что объясняется диффузионными затруднениями в переносе влаги из глубинных слоев материала к поверхности кожуры.

Для интенсификации процесса сушки яблочной кожуры на заключительном этапе может быть использована вакуумная сушка – подобно тому, как она применяется в сочетании с конвективной сушкой [3-7].

Выводы

1. Осциллирующая инфракрасная сушка яблочной кожуры характеризуется высокой скоростью процесса.
2. На заключительном этапе сушки наблюдается замедление скорости сушки, что объясняется диффузионными затруднениями в переносе влаги из глубинных слоев материала к поверхности кожуры.
3. Для интенсификации процесса сушки яблочной кожуры на заключительном этапе можно рекомендовать ее досушку в условиях вакуума – как это делается при организации процесса двухступенчатой конвективно-вакуумной сушки.

Библиографический список

1. Иванова И. В., Подъяблонская Д. О., Рудобашта С. П., Родионов Ю. В. Исследование особенностей влагоотбора и режимов двухступенчатой конвективной вакуум-импульсной сушки яблочной кожуры // Сб. научных трудов Восьмой Международной научно-практической конференции

«Современные энергосберегающие тепловые и массообменные технологии (сушка, тепловые и массообменные процессы) СЭТМТ – 2023», 17-19 октября 2023 г., г. Москва, С. 161-164.

2. Zhao D., An K., Ding S., Liu L., Xu Z., Wang Z. Two-stage intermittent microwave coupled with hot-air drying of carrot slices: Drying kinetics and physical quality. Food and Bioprocess Technology. 2014. V. 7. Issue 8. P. 2308–2318.

3. Иванова И.В., Родионов Ю.В. Двухступенчатая комбинированная сушка сельскохозяйственных продуктов// Наука и образование. Научный рецензируемый электронный журнал. 2021 Т.4. №4. С. 25-29.

4. Вакуумная техника и технологии в производстве продуктов питания функционального назначения/А.С. Зорин, Ю.В. Родионов, И.В. Иванова, Е.П. Иванова, Н.Н. Мочалин// Инновационные технологии в производстве функциональных продуктов питания: Всероссийская научно-практическая конференция: Мичуринск, 2014 С.76-82.

5. Попова И.В. Совершенствование технологии и средств сушки овощного сырья: дис. канд. техн. нау. Мичуринск. 2009. - 161 с.

6. Зорин А.С. Совершенствование технологии и технических средств комбинированной сушки растительного сырья для производства чипсов: дис. канд. техн. наук. Мичуринск. 2019. - 156 с.

7. Инновационные технологии сушки растительного сырья / Ю.Г. Скрипников и др. // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2012 №3(41). С.371-376.

УДК 631.3

ВЛИЯНИЕ ШИРОТЫ МЕСТНОСТИ НА ЭФФЕКТ ИСПАРИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО ПОМЕЩЕНИЯ

Рудобаица С. П., д.т.н., профессор кафедры теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий

Кривицкий А. О., магистрант

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, г. Москва, РФ

Аннотация. Выполнен анализ влияния широты местности нашей страны на эффект испарительного охлаждения воздуха животноводческого помещения в летний период (коровника молочного направления), который проявляется в увеличении удоев молока. Приведены численные результаты анализа.

Ключевые слова: испарительное охлаждение, животноводческое помещение, микроклимат животноводческого помещения

Введение. На животноводческих фермах из-за большого скопления животных в помещении обязательно применяется принудительная вентиляция помещений. В южных регионах нашей страны в летний период года важно поддерживать благоприятный для самочувствия животных микроклимат в помещениях, который обеспечивает максимальную продуктивность животных, на молочных фермах он выражается в высоких удоях молока. Снятие перегревов животноводческих помещений в летний период возможно различными методами: вентиляцией, кондиционированием помещений, их испарительным охлаждением. Однако, вентиляция животноводческих помещений в летний период из-за высоких температур наружного воздуха малоэффективна, а кондиционирование слишком дорого. Испарительное охлаждение является одним из наиболее эффективных и выгодных методов снижения температуры внутреннего воздуха на фермах. Оно основано на принципе понижении температуры воздуха, движущегося вдоль водной поверхности: в результате испарения воды температура воздуха понижается, т.к. на испарение воды расходуется явная теплота воздуха. Из-за большой теплоты парообразования воды (при 0°C она составляет 2500 кДж/кг) происходит понижение температуры воздуха на 7-8°C, что весьма существенно.

Для испарительного охлаждения животноводческих помещений в настоящее время используются аппараты двух типов: кассетного типа, в которых воздух движется через щелевые каналы, стенки которых смачиваются водой, и распылительного типа, в которых осуществляется распыливание воды на капли, образующие поверхность испарения.

Цель и задачи исследования: рассмотреть эффективность систем испарительного охлаждения в животноводческих помещениях в различных регионах России. Оценить влияние широты местности европейской части России на увеличение удоев молока на молочных фермах в результате испарительного охлаждения приточного воздуха.

Условия, материалы и методы. Анализ проводили путем расчета эффекта понижения температуры воздуха в коровнике, расположенном в различных регионах европейской части России, а именно: в Ростовской, Воронежской, Рязанской и Тверской областях. В этих регионах наблюдается различие в климатических условиях, оказывающих влияние на эффективность испарительного охлаждения. Для анализа было выбрано животноводческое помещение с габаритами здания 72 x 18 м и количеством коров 390, средняя масса животного - 500 кг. Расчеты выполняли для коров молочного направления,

дающих 20 л/сут молока. Систему вентиляции коровника рассчитывали по [1], в расчете определяли тепло- и влагопоступления в помещение, а также эффект испарительного охлаждения. Количество влаги, поступающее в животноводческое помещение, определяли, используя H,d – диаграмму влажного воздуха [1].

Для коровника был выбран аппарат испарительного охлаждения кассетного типа, который монтируется на стенах здания, приточный воздух проходит в аппарате через смоченные кассеты. Охлаждение воздуха с помощью данного типа аппарата возможно до температуры 10 °С.

Увеличение надоев молока за счет снижения температуры воздуха в помещении определяли по рисунку 1 из [3].

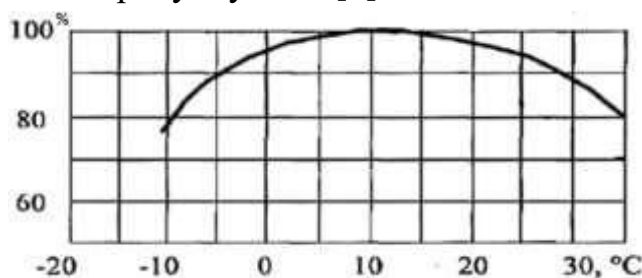


Рис. 1 – Зависимость надоев молока от температуры воздуха помещения [3]

Расчет увеличения надоев молока производился по количеству дней, при которых целесообразно использовать испарительное охлаждение, с использованием данных по надоям молока в зависимости от температуры животноводческого помещения [3]. Результаты расчета увеличения надоев молока в зависимости от широты местности приведены в таблице 1.

Таблица 1. Увеличение надоев молока по регионам России

Город	Широта, ° с.ш.	Увеличение надоев молока, т
Ростов	46,5	58,5
Воронеж	51,6	47,034
Рязань	54,6	32,76
Тверь	56,8	15,6

На основании данных таблицы, построен график, иллюстрирующий зависимость увеличения надоев молока от широты местности (рис. 2).

Как видно из рис.2, чем больше северная широта, тем меньше увеличение надоев молока. В более южных широтах климат сухой и жаркий. В этих условиях эффект испарительного охлаждения наиболее существенен, потому что температура наружного воздуха выше и ее понижение дает больший прирост надоев. В более северных регионах климат более холодный и влажный, поэтому

там испарительное охлаждение дает меньший эффект в увеличении надоев молока.

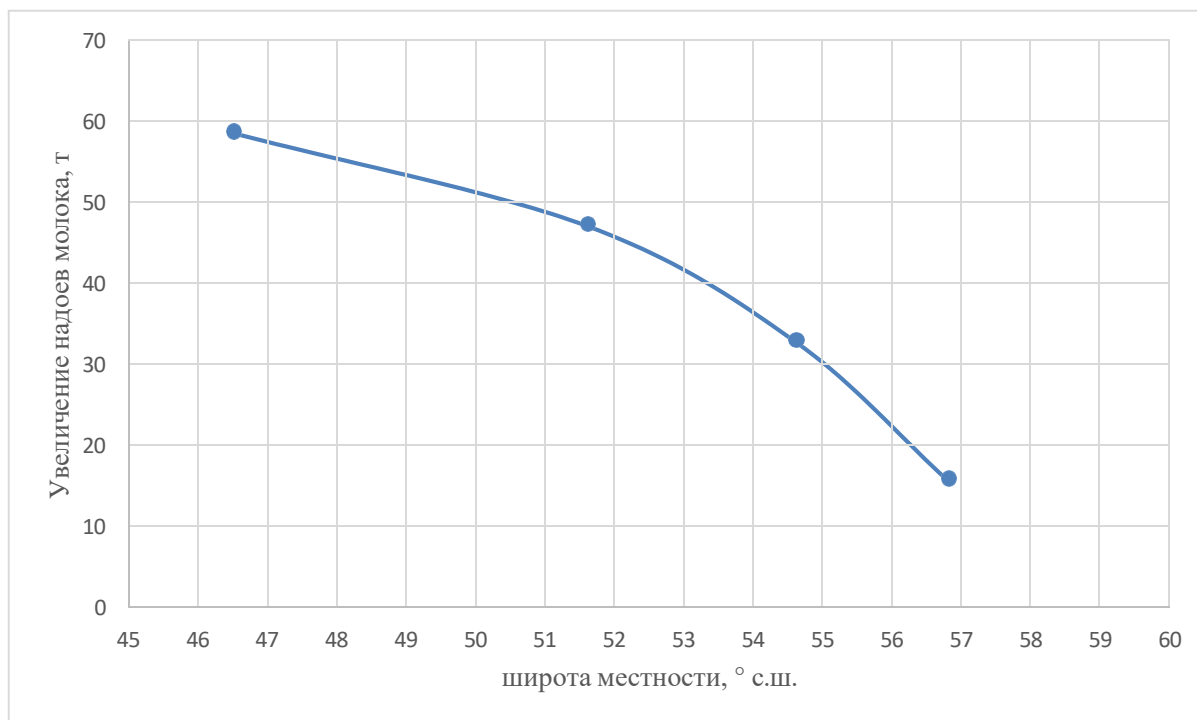


Рис. 2 – Зависимость увеличения надоев молока от широты местности

Расчет собственно системы испарительного охлаждения сводится к определению требуемой площади испарения в аппаратах испарительного охлаждения, необходимой для охлаждения помещения. Она рассчитывается по формуле:

$$F_{\text{исп}} = \frac{M}{i}, \quad (1)$$

где i – количество влаги, испаряемой с 1 м² площади смоченной поверхности аппарата испарительного охлаждения, кг/(м² · с),

M – общее количество влаги, проходящей через испарительные аппараты (их в помещении может быть несколько), (кг воды)/с.

Общее количество влаги M , которое необходимо пропустить через испарительные аппараты для охлаждения приточного воздуха

$$M = V \cdot \Delta d, \quad (2)$$

где V – расход воздуха в животноводческом помещении в летний период года, кг/с; $\Delta d = d_{\text{нас}} - d_{\text{н.в}}$ – разность влагосодержаний воздуха после аппарата (насыщенного водяным паром) и до него (влагосодержание атмосферного воздуха), (кг влаги)/(кг сухого воздуха). Параметры $d_{\text{нас}}$ и $d_{\text{н.в}}$ определяют с помощью H ,

d – диаграммы влажного воздуха.

Количество влаги, испаряемой с 1 м² площади смоченной поверхности испарительного охладителя можно определить, используя уравнение массоотдачи [4].

$$i = \beta_c (C_{в.п.} - C_c) = \beta_p (p_{м.т.} - p_c), \quad (3)$$

где β_c – коэффициент массоотдачи, отнесенный к разности концентраций пара в воздухе, м/с; β_p – коэффициент массоотдачи, отнесенный к разности парциальных давлений пара в воздухе, кг/(м²·с·Па); $C_{в.п.}$ – концентрация водяного пара в воздухе у поверхности испарения, кг/м³; C_c – концентрация водяного пара в приточном воздухе, кг/м³; $p_{м.т.}$ – парциальное давление водяного пара при температуре мокрого термометра, Па; p_c – парциальное давление пара в приточном воздухе, Па. Соотношения между коэффициентами β_c и β_p приведены в [5].

Зная площадь испарения в одном испарительном охладителе $F_{исп.1}$, как техническую характеристику промышленно выпускаемого испарительного охладителя, можно далее найти количество испарительных охладителей n , которое необходимо установить в животноводческом помещении для охлаждения количества воздуха V : $n = F_{исп} / F_{исп.1}$.

Выводы

1. Согласно проведенным расчетам, широта местности, на которой расположен коровник, существенно влияет на эффект увеличения надоев молока от испарительного охлаждения животноводческого помещения. Для расчетной фермы они изменяются от 15,6 т молока для Тверской области до 58,5 т для Ростовской области.

2. Указанная разница в надоях молока объясняется разными значениями параметрами наружного воздуха в летний период в рассматриваемых регионах.

3. Приведенные данные позволяют оценить эффект испарительного охлаждения животноводческих помещений.

4. Приведена методика выбора количества испарительных охладителей для животноводческого помещения.

Библиографический список

1. Рудобашта С.П., Е.Л. Бабичева. Теплоснабжение животноводческих помещений. Учебное пособие – М.: 2019. – 166 с.
2. СП 131.13330.2020. Свод правил. Строительная климатология / Госстрой России. – Взамен СНиП 23-01-99*: введен 25.06.2021. – Москва: ГУП ЦПП, 2020. – 146 с.

3. Борулько, В.Г. Методы и технические средства обеспечения параметров микроклимата коровника. – Дисс. док. техн. наук. Москва, 2021. – 340 с.
4. Акулич П.В., Акулич А.В. Конвективные сушильные установки. Минск: Вышэйшая школа. 2019. – 376 с.
5. Ratti C., Mujumdar A. S. Handbook of Industrial Drying. 3rd edition. A.S. Mujumdar (Ed). Boca Raton, FL.: CRC Press, 2007.

УДК 621.311.42

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТРАНСФОРМАТОРОВ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИХ ИЗБЫТОЧНОГО ТЕПЛА

Таничев Д. В., магистрант

Научный руководитель: Кожевникова Н. Г., к.т.н., доцент

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, г. Москва, РФ.

Аннотация. В статье рассматривается вопрос повышения эффективности работы трансформаторов за счет использования избыточного тепла трансформаторов в рамках снижения потребления электроэнергии на собственные нужды подстанции. Представлена структура потребления электроэнергии на подстанциях.

Ключевые слова: энергосбережение; энергоэффективность; собственные нужды подстанций; потери энергии.

Введение. Повышение эффективности работы трансформаторных подстанций является актуальной задачей, которая приобретает всё большее значение. Одной из возможностей повысить энергоэффективность трансформаторных подстанций – снижение потребления электроэнергии на собственные нужды подстанции (СН ПС).

Цель и задачи исследования. В связи с тем, что целью ПАО «ФСК ЕЭС» на период 2021-2025 гг. с перспективой до 2030 года является повышение надежности, качества и экономичности снабжения потребителей путем модернизации электрических сетей ЕНЭС России на базе инновационных технологий с превращением их в интеллектуальное ядро технологической инфраструктуры энергетики[3].

Целью исследования является повышение эффективности работы трансформаторов. Задачи исследования: составление и анализ структуры

потребление трансформаторных подстанций на собственные нужды, предложение вариантов использования избыточного тепла трансформаторов.

Трансформаторы не могут работать без потерь энергии. Трансформатор не имеет движущихся частей, и поэтому механические потери в нем отсутствуют. Потери трансформатора классифицируются как потери холостого хода и потери нагрузки. Эти типы потерь являются общими для всех типов трансформаторов, независимо от области применения трансформатора или номинальной мощности. Однако существуют вспомогательные потери (или потери на охлаждение) и эти потери могут достигать сотен киловатт тепловой энергии [1,2,6,7].

Применение для электрообогрева зданий и сооружений подстанций, распределительных пунктов трансформаторных подстанций и т.д. нагревательных элементов с аккумуляторами тепла, позволяющих использовать электроэнергию на обогрев в ночной непииковый период графика нагрузок, позволит частично сократить потребление на собственные нужды на электросетевых объектах. На сегодняшний день нормы потерь электроэнергии на собственные нужды подстанций регулируются РД 34.09.208 «Инструкция по расходу электроэнергии на собственные нужды подстанций 35–500 кВ»[4].

Энергетическое обследование подстанций, проведенное «ФСК ЕЭС» показало, что следует выделить следующие аспекты сокращения затрат электроэнергии на собственные нужды подстанции[5].

За счет чего возможно дальше снижать расходы на СН ПС, помогает анализ структуры потребления собственных нужд. Результаты оценки структуры расхода для всех подстанций ФСК представлены на рисунке 1.

Анализ структуры расхода электроэнергии показывает, что затраты на охлаждение трансформаторов, обогрев помещений и обогрев оборудования занимают 72% всех расходов электроэнергии на собственные нужды подстанции. Часть данных расходов предлагается сократить за счет использования избыточного тепла трансформаторов. Данная мера может позволить до минимума сократить статьи расходов на обогрев помещений и обогрев оборудования подстанции.



Рис. 1 - Структура расхода электроэнергии на СН ПС ПАО «ФСК ЕЭС»

В таблице 1 представлены предполагаемые результаты сокращения расхода электроэнергии на собственные нужды подстанций.

Таблица 1 - Технологический и экономический потенциал сокращения расхода электроэнергии

Показатели	Экономический эффект			Затраты, млн.руб
	Снижение	Снижение, млн.кВт*ч	Эффект млн.руб.	
Охлаждение трансформаторов	18	68	58,6	580
Обогрев оборудования	10	15	12,5	135
Обогрев помещений	15	26	22,55	220
Наружное и внутреннее освещение	7	2	1,75	18
Итого	50	111	95,4	953

Анализ технологического и экономического потенциала показывает, что возможно наибольшее сокращение расходов на обогрев помещений, расходов на охлаждение трансформаторов и реакторов, и расходов на обогрев оборудования, что суммарно составляет 111 млн. кВт*ч, а экономический эффект от данных мероприятий может составить 95,4 млн. руб. Однако затраты на реализацию данных мероприятий составляет в сумме 953 млн. руб., что будет означать о среднем сроке окупаемости 10 лет.

Подстанции с наибольшим фактическим расходом имеют значительно больший потенциал сокращения расхода.

Результаты исследования. Из графика видно, что за счет разработки эффективных мероприятий по отбору избыточного тепла трансформаторов возможно сократить около 50% расхода на СН ПС.

Вывод. Реализация существующего потенциала по сокращению расхода электроэнергии на СН ПС требует разработки и внедрения технологий, специально разработанных и адаптированных для применения на подстанциях ФСК. На некоторых объектах уже были реализованы пилотные проекты, но в основном это были крупные подстанции (ПС 500-750 кВ). Необходима также разработка подобных проектов для подстанций более низких классов напряжений.

Библиографический список

1. ГОСТ 11677-85 Трансформаторы силовые. Общие технические условия. - Введ. 24-09-85. - М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1985. 48с
2. Лизунов С.Д., Лоханин А.К. Силовые трансформаторы. Справочная книга. - М.: Энергоиздат, 2014. - 616 с.
3. Паспорт программы инновационного развития ПАО «ФСК ЕЭС» на период 2021-2025 гг. с перспективой до 2030 года
4. РД 34.09.208. Инструкция по нормированию расхода электроэнергии на собственные нужды подстанций 35–500 кВ. М., 2015.
5. Рябин Т.В., Давыдов Е.Ю., Паринов И.А. Возможности снижения расхода энергии на собственные нужды подстанций // Энергосбережение, 2016, № 6. С. 36–42.
6. Семенов А.Е., Таничев Д.В. Актуальность цифровизации подстанций В сборнике: Ресурсосберегающие технологии при хранении и переработке сельскохозяйственной продукции. Материалы XV Всероссийского научно-практического семинара. Орёл, 2021. С. 140-142.
7. Семенов А.Е., Таничев Д.В. Дефекты ВЛ-35 кВ. В сборнике: Цифровая трансформация в энергетике. Материалы Третьей Всероссийской научной конференции. 2022. С. 71-73.

К ВОПРОСУ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОТЕРЬ ДАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА В РЕКУПЕРАТИВНОЙ ТЕПЛОУТИЛИЗАЦИОННОЙ УСТАНОВКЕ

Шевкун Н. А., к.с.-х.н., доцент,

Шевкун В. А., к.с.-х.н., доцент,

Кожевникова Н. Г., к.т.н., доцент,

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ

Аннотация. В работе даны предложения по проведению экспериментальных исследований величины потерь давления на участке «вытяжной вентилятор – поддон – теплообменник» рекуперативной теплоутилизационной установки с целью подтверждения теоретических исследований.

Ключевые слова: микроклимат, рекуператор тепла, потери давления, аэродинамическая решетка

Эффективное функционирование рекуперативных установок в системах поддержания параметров микроклимата животноводческих помещений, одновременно с выполнением своих прямых функций обеспечивает экономию ресурсов вследствие снижения затрат на отопление в зимний период [1, 2], уменьшение финансовых расходов на корма, сохранность поголовья животных.

Особое внимание заслуживают процессы, протекающие при функционировании рекуперативных установок, позволяющие повысить их энергоэффективность [3]. Проведенные ранее исследования и анализ литературных источников показывают, что для ряда рекуперативных теплоутилизационных установок характерно неравномерное распределение воздушного потока по теплообменной поверхности рекуператора. Это явление обусловлено смещением поля скоростей, набегающего на теплообменник воздушного потока, на участке «вытяжной вентилятор – поддон – теплообменник» из-за резкого изменения направления его движения. Для решения возникающей проблемы применительно к теплоутилизационной установке УТ-3000 предлагается использовать аэродинамическую решетку [4].

Применяемые в системах вентиляции аэродинамические решетки классифицируются в зависимости от числа содержащихся в их составе лопаток на решетки с «нормальным», минимальным или сокращенным числом. Выполненные ранее теоретические расчеты потерь давления [5] на местном

сопротивлении (1) для участка «вытяжной вентилятор – поддон – теплообменник», с учетом отсутствия или наличия аэродинамической решетки имеющей в своем составе различное количество лопаток, показали снижение потерь давления на 58% при использовании решетки с «нормальным» числом лопаток. Расчеты проводились при условии и варьирования объемного расхода воздушного потока в пределах от 10 до 100% (рис.1).

$$\Delta p_{np} = \xi_m \frac{\rho w_0^2}{2}, \quad (1)$$

где ξ_m – коэффициент местного сопротивления, ρ – плотность воздуха, кг/м³; w_0 – скорость воздушного потока, м/с.

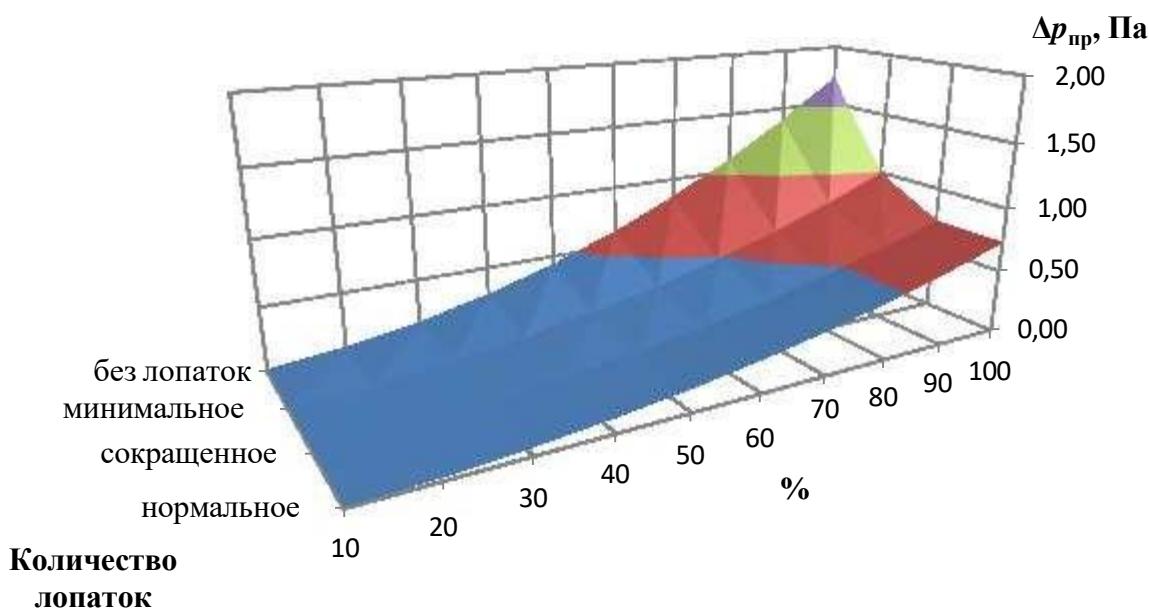


Рис. 1 – Распределение потерь давления на участке «вытяжной вентилятор – поддон – теплообменник» при различных условиях течения потока (без аэродинамической решетки и при ее наличии)

Конструктивные параметры аэродинамической решетки, такие как количество лопаток $n_{норм}$, хорда лопатки t_1 , шаг лопаток a_i рассчитываются в соответствии с рекомендациями [6] по формулам (2), (3), (4)

$$n_{норм} = 2,13S / t_1 - 1, \quad (2)$$

где t_1 – хорда лопатки, м; S – шаг, м.

$$S = \sqrt{b_0^2 + b_1^2},$$

где b_0 – высота канала перед поворотом (входом в поддон), м; b_1 – глубина поддона, м.

Величину хорды лопатки

$$t_1 = (0,15...0,60b_0) \quad (3)$$

Шаг лопаток a_i

$$a_i = \frac{S}{n+1}, \quad (4)$$

где n – число лопаток, шт.

Полученные теоретические данные требуют проведения экспериментальных исследований с целью подтверждения расчетов или их корректировки и уточнения.

Для этого предлагается модель экспериментальной рекуперативной установки, принципиальная схема которой приведена на рисунке 2 а) состоящей из корпуса 1, съемного теплообменника 2, вытяжного вентилятора 3, поддона 4, съемной аэродинамической решетки 5, трубок полного напора 6, 7. Геометрические параметры решетки и количество лопаток входящих в ее состав зависят от геометрических размеров поддона (формулы 2 – 4) представлены на рис. 2.б).

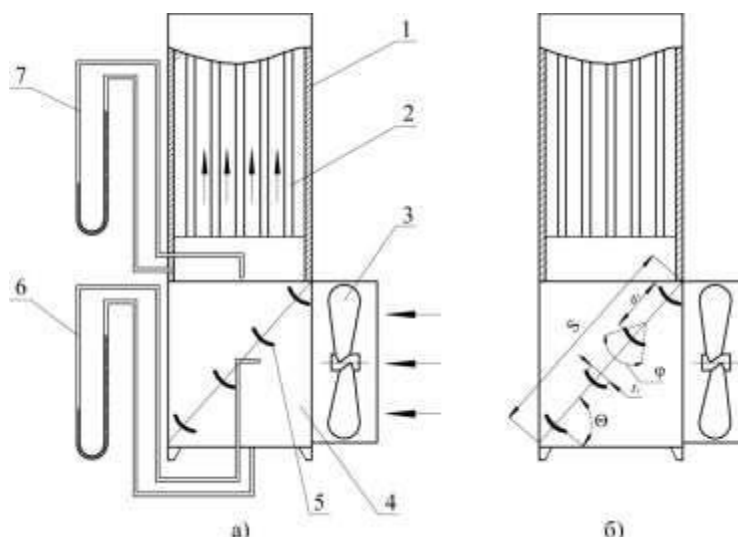


Рис. 2 – Модель экспериментальной рекуперативной установки: а) принципиальная схема, б) схема геометрических параметров аэродинамической решетки; 1 - корпус, 2 - съемный теплообменник, 3 - вытяжной вентилятор, 4 - поддон, 5 - съемная аэродинамическая решетка, 6, 7 - трубки полного напора

Методика проведения экспериментальных исследований предполагает измерение величины абсолютных давлений воздушного потока сходящего с лопаток вытяжного вентилятора в поддон $p_{абс1}$ и выходящего из него $p_{абс2}$ посредством трубок полного напора 6 и 7 [7, 8]. Для последующего расчета потерь давления воздушного потока на участке «вытяжной вентилятор – поддон – теплообменник» с целью подтверждения полученных ранее теоретических величин потерь давления в поддоне (5).

$$\Delta p = p_{абс1} - p_{абс2}. \quad (5)$$

Расчет потерь давления в поддоне предполагается проводить для случаев отсутствия аэродинамической решетки в поддоне и при ее наличии с учетом регулирования производительности вытяжного вентилятора в пределах от 10 до 100%.

Дополнительно предполагается, что трубки полного напора 6 и 7 имеют возможность смещаться вверх - вниз, влево - вправо относительно места их установки в поддоне. Данные полученные посредством трубок полного напора при их перемещении относительно корпуса поддона позволят построить эпюры скоростей воздушного потока. На основании эпюр скоростей появится возможность оценить распределение потока вытяжного воздуха по поверхности аэродинамической решетки и теплообменнику.

Библиографический список

1. Игнаткин И.Ю., Курячий М.Г. Системы вентиляции и влияние параметров микроклимата на продуктивность свиней // Вестник НГИЭИ. 2012. №10 (17). С. 16-34.

2. Ignatkin I.Yu., Kazantsev S.P., Shevkun N.A., Skorokhodov D.M., Serov N.V., Alipichev A.Yu., Panchenko V.A. Developing and testing the air cooling system of a combined climate control unit used in pig farming. Agriculture. 2023;13(2):334. <https://doi.org/10.3390/agriculture13020334>

3. Игнаткин И.Ю., Шевкун Н.А., Архипцев А.В., Кожевникова Н.Г., Скороходов Д.М. Об особенностях организации реверсивного оттаивания в рекуператорах теплоты вытяжного воздуха // Агроинженерия. 2022. Т. 24. № 6. С. 15-19. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2022-6-15-19>

4. Шевкун Н.А., Игнаткин И.Ю. Теплоутилизационное устройство Патент на полезную модель 220970 U1, 11.10.2023. Заявка № 2023109496 от 13.04.2023.

5. Практикум по гидравлике: Учебное пособие / Н.Г. Кожевникова, Н.П. Тогунова, А.В. Ещин, Н.А. Шевкун, В.Ф. Кривчанский. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. 248 с.

6. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / Под ред. М.О. Штейнберга. М.: Машиностроение, 1992. 672 с.

7. Кожевникова Н.Г., Шевкун Н.А., Шевкун В.А., Драный А.В. Экспериментальные исследования условий распыла жидкостей посредством воздушного потока // Агроинженерия. 2021. №6 (106) С. 32-37. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2021-6-32-37>

8. Кожевникова Н.Г., Шевкун Н.А., Драный А.В., Цымбал А.А. Анализ распределения давления в воздушном потоке по длине воздуховода // Сборник научных трудов Седьмой МНПК, посвященной 110-летию со дня рождения Академика А.В. Лыкова. 2020. С. 282-286.

СЕКЦИЯ: «МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ»

УДК 664.66.016

ПРИМЕНЕНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Бурова М. Д., студент

Научный руководитель: Черкасова Э. И., к.с-х.н., доцент

*Российский государственный аграрный университет – МСХА имени
К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ*

Аннотация. Произведен анализ хлебобулочных изделий по массе изделия и физико-химическим показателям; составлены контрольные карты контролируемых параметров и сделаны выводы о пригодности отобранных образцов.

Ключевые слова: хлебобулочное изделие, контрольная карта, физико-химические показатели.

Контрольная карта (карта Шухарта) – это линейчатый график, построенный на основании данных измерений показателей процесса (или продукта) в различные периоды времени. Он позволяет отразить динамику изменений показателя и за счет этого контролировать процесс.

Контроль качества хлебобулочных изделий на хлебопекарных предприятиях осуществляют лаборатории и отделы технического контроля.

Качество хлебобулочных изделий оценивают в соответствии с требованиями нормативной и технической документации, по органолептическим и физико-химическим показателям.

Потребитель выбирает хлеб, опираясь на вкусовые качества, внешний вид, упаковку, и лишь небольшая часть населения обращает внимание на состав продукта. Соответственно, состав продукта должен отражать его качество, на основе выше сказанного, нами была поставлена цель: соответствуют ли показатели качества хлеба требованиям ГОСТ [4, 5].

Цель исследования: провести анализ отобранных образцов хлеба по физико-химическим показателям, сделать вывод о пригодности к дальнейшему использованию хлебобулочных изделий.

Задачи исследования: применить контрольные карты Шухарта при анализе пригодности хлебобулочных изделий по физико-химическим показателям.

Качество хлеба оценивают органолептическими (внешний вид, состояние мякиша, вкус, запах) и физико-химическими показателями.

Для определения физико-химических показателей образцы отбираются различной массой. Строго нормируется масса одного изделия. Определение массы отдельного изделия производят взвешиванием не менее 10 шт. изделий без упаковки. Среднюю массу изделия определяют, как среднеарифметическую величину одновременного взвешивания 10 шт. изделий. Если невозможно разместить 10 шт. изделий на платформе весов, а также при общей массе изделий, превышающей наибольший предел взвешивания весов, допускается взвешивать изделия поштучно или по несколько штук на одних и тех же весах с суммированием результатов отдельных взвешиваний.

Во время производства хлеба было взято 30 образцов с целью контроля массы продукции. На основе таблицы 1 строим карту средних арифметических значений массы хлеба.

Таблица 1 – Масса отобранных образцов

Номер испытуемого образца	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Масса, г	325	340	321	328	330	331	340	341	325	326	332	330	329	327	328
Номер испытуемого образца	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Масса, г	336	340	321	338	335	333	330	326	329	340	336	334	326	329	324

Находим верхний контрольный предел: $UCL = 340,66$ г.

Находим нижний контрольный предел: $LCL = 321,34$ г.

Находим центральную линию: $CL = 331$ г.

Норма массы хлеба по ГОСТ Р 58233-2018 составляет 320 г [1].

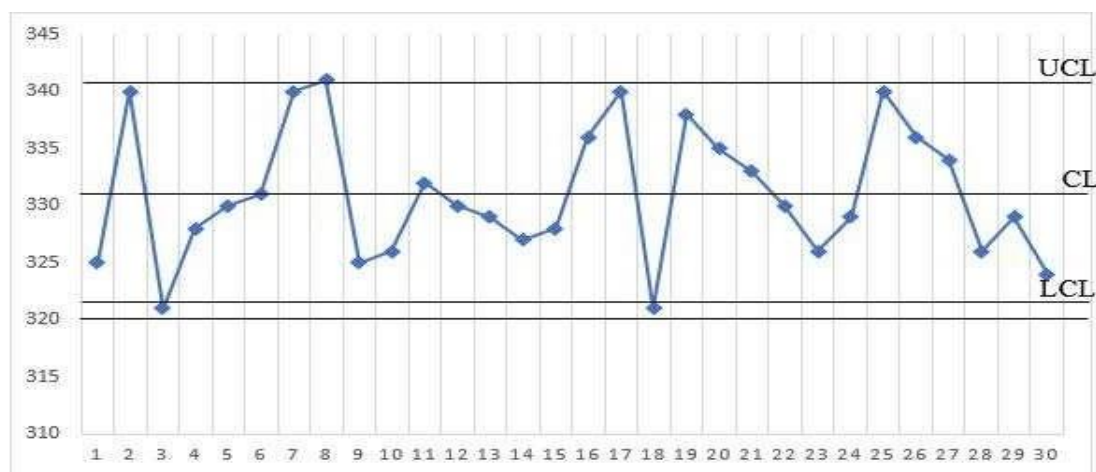


Рис. 1 – Карта средних арифметических значений массы хлеба

Анализ карты средних арифметических значений массы хлеба показывает, что контролируемые характеристики выходят за установленные контрольные пределы. Однако стоит учитывать, что масса всех испытуемых образцов хлеба не ниже установленной нормы.

Кислотность до некоторой степени характеризует вкусовые достоинства хлеба. В норме кислотность пшеничного хлеба из муки высшего, первого и второго сортов – 3-4°, хлеба пшеничного из обойной муки – 7°, ржано-пшеничного – 11°, хлеба ржаного - не выше 12°.

Под градусом кислотности понимают количество мл 1 н. раствора едкого натра, необходимого для нейтрализации кислот, содержащихся в 100 г хлебного мякиша.

В каждом испытуемом образце вырезаем из разных мест мякиша кусочки и составляем из них навеску 25 г. Затем всю навеску измельчаем ножом и переносим в колбу, куда небольшими порциями вливаем 250 мл дистиллированной воды, нагретой до 60°. После этого сливаем отстоявшийся жидкий слой через марлю в стакан и отбираем пипеткой 50 мл вытяжки в коническую колбу, прибавляем 2-3 капли 1% раствора фенолфталеина и титруем 0,1 Н раствором едкого натра до появления слабо-розового окрашивания, не исчезающего при стоянии в течение минуты. Результаты полученных данных отображаем в таблице 2.

Таблица 2 – Кислотность мякиша испытуемых образцов

Номер испытуемого образца	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Кислотность, град	2,70	2,80	2,71	2,83	2,90	2,75	2,75	2,70	2,89	2,86	2,82	2,79	2,78	2,87	2,90
Номер испытуемого образца	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Кислотность, град	2,91	2,75	2,76	2,90	2,85	2,84	2,78	2,84	2,97	2,69	2,87	2,95	2,84	2,79	2,88

Находим верхний контрольный предел: $UCL = 2,958$ град.

Находим нижний контрольный предел: $LCL = 2,687$ град.

Находим центральную линию: $CL = 2,82$ град.

Так как испытуемые образцы из пшеничной муки первого сорта, кислотность не должна превышать 3,5° [3].

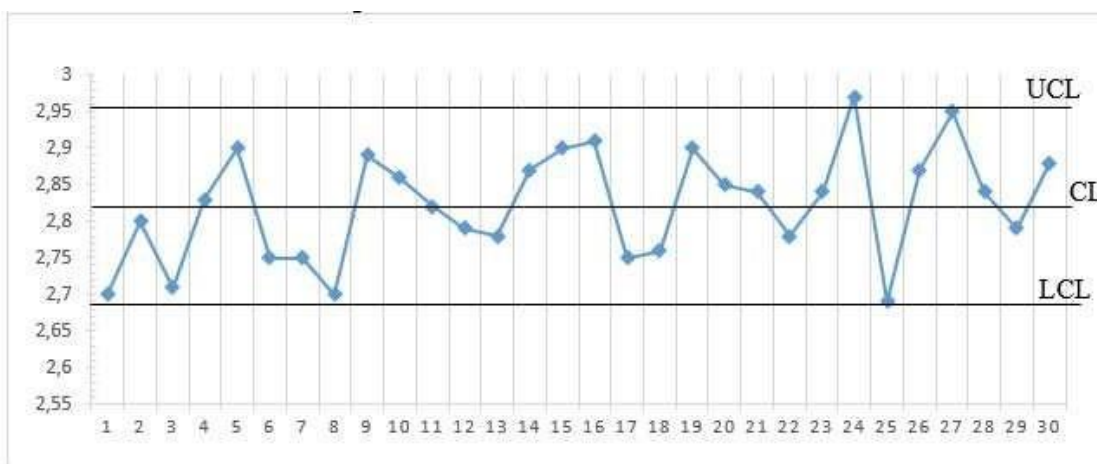


Рис. 2 – Карта средних арифметических значений кислотности отобранных образцов

Анализ карты средних арифметических значений кислотности хлеба показывает, что контролируемые характеристики образца №24 выходят за установленные контрольные пределы, но не превышает 3°. Однако стоит учитывать, что кислотность всех испытуемых образцов хлеба соответствует требованиям нормативных документов.

Качество хлеба, как и любого пищевого продукта, является понятием комплексным, охватывающим целый ряд его признаков [2, 7, 8]. Потребитель прежде всего обращает внимание на органолептические свойства - внешний вид, вкус и аромат, свежесть. Технологию следует оценивать качество значительно шире, ему необходимо также учитывать пищевую ценность и безвредность, стойкость при хранении, условия и сроки хранения. Качество хлеба, а также основные методы оценки качества регулируются соответствующими стандартами.

Для оценки качества хлебобулочных изделий по физико-химическим показателям были предложены такие инструменты контроля, как контрольные карты. В ходе испытаний, были получены данные, в результате которых можно сделать вывод, что масса испытуемых образцов не ниже установленной нормы, а также кислотность образцов не превышает нормативных значений.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 58233-2018 Хлеб из пшеничной муки. Технические условия.
2. Черкасова, Э.И. Влияние термического обеззараживания на комплекс микроорганизмов и качество многокомпонентных смесей растительного происхождения / Э.И. Черкасова // Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Красноярский государственный аграрный университет". Красноярск, 2006.

3. Черкасова, Э.И. Основы разработки процедуры обращения с потенциально опасной пищевой продукцией / Э.И. Черкасова // В сборнике: Безопасность и качество сельскохозяйственного сырья и продовольствия. Создание национальной системы управления качеством пищевой продукции. Сборник научных трудов. 2016. С. 448-450.

4. Черкасова, Э.И. Применение цифровой маркировки для обеспечения качества пищевой продукции / Э.И. Черкасова, П.В. Голиницкий, К.С. Семенова, У.Ю. Антонова // В сборнике: наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития. Материалы МНПК. Красноярск, 2021. С. 356-358.

5. Черкасова Э.И. Использование информационных технологий для идентификации качества продуктов переработки зерна на этапах товародвижения / Черкасова Э.И., Голиницкий П.В. // В сборнике: Инновационные достижения науки и техники АПК. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. 2018. С. 408-410.

6. Курдюмова, М.С. Внедрение цифровых технологий на предприятиях пищевой отрасли / М.С. Курдюмова Э. И. Черкасова // Компетентность. 2018. № 4(155). С. 43-47.

7. Черкасова, Э.И. Применение современных способов маркировки контроля температурного режима хранения для пищевой продукции / Э.И. Черкасова, П.В. Голиницкий // В сборнике: Доклады ТСХА. 2020. С. 90-94.

8. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – Москва : ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с. – ISBN 978-5-6049928-2-1. – EDN RSFSFK

УДК 664

ПРИМЕНЕНИЕ ПОДХОДОВ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МЯСА ПЕРЕПЕЛОВ

Буряк Н. И., магистрант

Научный руководитель: Антонова У. Ю., к.т.н., доцент

*Российский государственный аграрный университет – МСХА имени
К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ*

Аннотация. В работе рассмотрены подходы управления качеством при производстве мяса перепелов сфере птицеводства. Применение методов в концепции управления качеством позволяет улучшить эффективность производства, снизить затраты и повысить качество конечной продукции в птицеводстве.

Ключевые слова: мясо птицы, качество, птицеводство, контроль, диаграмма Парето.

Птицеводство является одной из важнейших отраслей сельского хозяйства, обеспечивающей население птичьим мясом и яйцами [1, 2, 3]. В связи с этим, управление качеством в птицеводстве имеет огромное значение для обеспечения безопасности и качества конечной продукции.

Эффективному менеджменту в птицеводстве способствует использование простых инструментов контроля качества [4, 5]. Таких как: контрольный листок, диаграмма, гистограмма, диаграмма разброса, диаграмма Парето, стратификация.

Целью исследований является изучение теоретических аспектов управления качеством на производстве и анализ методов контроля качества для последующего улучшения продукции птицеводства. Для достижения поставленной цели необходимо определить наиболее существенные причины возникновения дефектов при производстве мяса птицы и составить диаграмму Парето для мясного производства.

В процессе исследований применялись методы статистического анализа [6, 7, 8]. Из возможных для применения методов была выбрана диаграмма Парето, в которой отражены наиболее значимые причины, влияющие на качество.

Диаграмма Парето в птицеводстве может быть использована для анализа и определения основных проблем или причин, которые влияют на результативность птицеводства. Это инструмент, который помогает выделить наиболее значимые факторы, чтобы сосредоточить усилия на их улучшении [9].

Проведем анализ качества мяса птицы с использованием диаграммы Парето. Дефекты тушек птицы, вызванные транспортировкой и хранением, включают кисловатый или затхлый запах, деформацию тушки, разрыв кожи, изменение цвета поверхности мяса (темные мышцы), кровоподтеки и сломанные крылья, а также другие, указанные в ГОСТ 52469-2019. Для удобства расчетов были объединены показатели дефектов в соответствующие группы.

Была проанализирована партия продукции, которая поступает в магазины или выполняется по заказу, состоящая из 400 тушек. Результаты оценки качества мяса птицы за месяц представлены в таблице 1.

Диаграмма Парето по данным таблицы 1 с кумулятивной кривой – кривой Лоренса. Диаграмма Парето для анализа дефектов тушек мяса птицы представлена на рис. 1.

Таблица 1 – Типы дефектов

Типы дефектов	Число дефектов, шт.	Потери от дефектов в денежном выражении (тыс. руб.)	Потери от брака в процентном Выражении (%)
Кисловатый или затхлый запах, D1	40	6	27,39
Отсутствие корочки подсыхания на охлажденной тушке, D2	20	3	13,69
Деформация тушки, D3	19	2,85	13,01
Загрязнение поверхности тушки, D4	17	2,55	11,64
Ослизнение поверхности тушки, D5	15	2,25	10,27
Изменение цвета поверхности, D6	12	1,8	8,21
Небольшое количество точечной плесени, D7	10	1,95	8,9
Прочие, D8	13	1,5	6,8
Итого	146	21,9	100

Для анализа представленной диаграммы Парето был использован метод "ABC-анализа".

К дефектам, приносящим наибольшие затраты, относятся: кисловатый или затхлый запах, отсутствие корочки подсыхания на охлажденной тушке, деформацию тушки, загрязнение поверхности тушки и ослизнение поверхности тушки. Эти дефекты относятся к наиболее значимым и входят в группу А.

К группе В по затратам относятся изменение цвета поверхности и небольшое количество точечной плесени. В сумме эти типы дефектов составляют 17,11% общего количества брака.

В группу С по затратам попадают прочие виды дефектов, которые дают 9% общего количества брака. Эти дефекты являются наименее значимыми, выявленными с помощью "ABC-анализа".

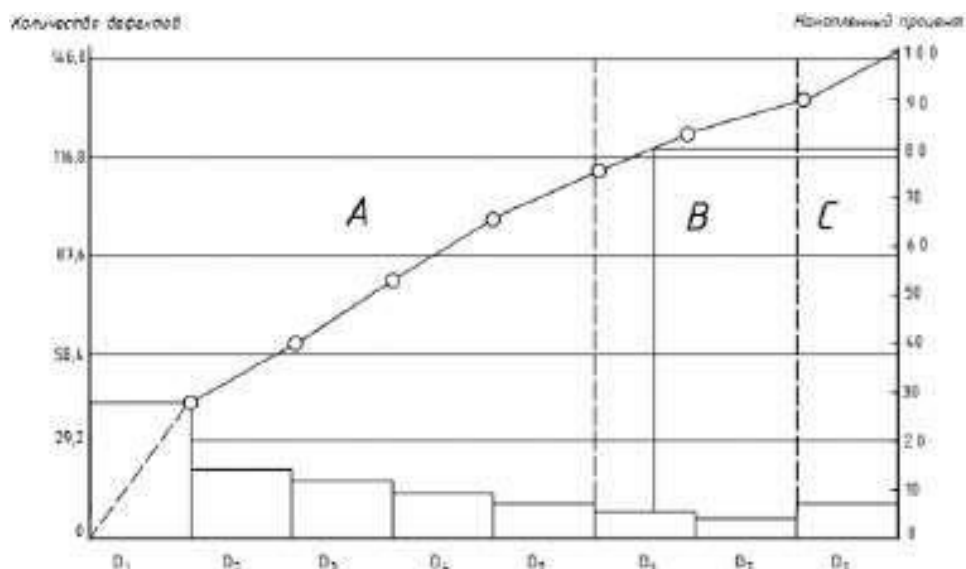


Рис. 1 – Диаграмма Парето анализа причин брака мяса птицы

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что устранение дефектов, связанных с группой А, позволит сократить потери готовой продукции. Диаграмма Парето показывает, что наиболее распространенным дефектом является кисловатый или затхлый запах, вызванный длительным хранением мяса в неподходящих условиях. Конкретно, это может происходить при хранении мяса птицы в закрытом помещении при температуре выше 20°С или при нарушении процесса замораживания и охлаждения. Для улучшения условий хранения необходимо установить современное оборудование для охлаждения/заморозки на складе. Кроме того, в помещении должно быть оборудование, которое поддерживает оптимальную температуру воздуха для хранения мяса.

Библиографический список

1. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – Москва : ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с. – ISBN 978-5-6049928-2-1. – EDN RSFSFK.
2. Фисинин, В.И. Итоги работы за 2011 год и перспективы развития отрасли с учетом вступления России в ВТО / В.И. Фисинин // Птица и птицепродукты. — 2012. — No 1. — С. 14–17.
3. Курова Г.М. Паспортизация в птицеводстве: монография / Г.М. Курова. — Кострома: КГСХА, 2008.
4. Логунова, О.Е. Применение причинно-следственной диаграммы Исикавы в репутационном менеджменте / О.Е. Логунова // НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ. –2015. -No 1. –С. 54-56.

5. Мифтахутдинова Е.А., Мифтахутдинов А.В. Повышение эффективности контроля качества тушек цыплят - бройлеров на фоне применения фармакологических средств для коррекции и профилактики предубойных стрессов/ Е.А. Мифтахутдинова, А.В. Мифтахутдинов // Инновации и продовольственная безопасность. – 2019. – С. 99–104.

6. ГОСТ Р ИСО 13053-2-2015 «Качественные методы улучшения процессов «Шесть сигм» Часть 2» -М.: Стандартиформ, 2015.

7. Леонов, О. А. Метрологическое обеспечение контроля качества и безопасности при производстве варено-копченых колбас на предприятиях АПК / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 3. – С. 95-110.

8. Quality assessment of temperature measurements in incoming inspection of raw meat / Leonov O.A., Shkaruba N.Zh., Cherkasova E.I., Odintsova A.A. // JOP Conference Series: Metrological Support of Innovative Technologies, Krasnoyarsk, 04 марта 2020 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 1515. – Krasnoyarsk, Russia: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. – P. 32030.

9. Влияние цифровизации на эффективность технологических процессов современного производства / П. В. Голиницкий, Э. И. Черкасова, Ю. Г. Вергазова, У. Ю. Антонова // Компетентность. – 2021. – № 8. – С. 48-54.

УДК 62-50

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Видникевич С. М., магистр

Научный руководитель: Голиницкий П. В., к.т.н., доцент,

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ

Аннотация. В этой статье мы рассмотрим ключевые технологии Индустрии 4.0, которые применимы на машиностроительных предприятиях, и возможность их внедрения.

Ключевые слова: Индустрия 4.0, цифровизация, цифровые технологии, цифровая модель.

Машиностроение, область, известная своими инновациями и точностью, претерпевает значительные преобразования с появлением цифровых

технологий. Интеграция цифровых технологий революционизирует традиционные производственные процессы и открывает новые возможности для повышения эффективности, продуктивности и устойчивости [1, 2].

К цифровым технологиям Индустрии 4.0 относятся:

1. Интернет вещей (IoT) и подключение:

Интернет вещей лежит в основе Индустрии 4.0, обеспечивая взаимосвязь машин, устройств и систем на машиностроительном предприятии. Такое подключение облегчает прогнозируемое техническое обслуживание, мониторинг в режиме реального времени и дистанционное управление, оптимизируя производственные процессы и сводя к минимуму время простоя.

2. Большие данные и аналитика:

Машиностроительные предприятия генерируют огромные объемы данных, и использование этих данных имеет решающее значение для получения информации и принятия обоснованных решений. Этот анализ позволяет осуществлять прогнозное техническое обслуживание, контроль качества и оптимизацию процессов, что приводит к повышению эффективности, снижению затрат и повышению качества продукции.

3. Искусственный интеллект и машинное обучение:

Технологии искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения революционизируют машиностроительные предприятия. Эти технологии применяются в различных областях, включая контроль качества, профилактическое обслуживание, оптимизацию цепочки поставок и даже дизайн продукта. Искусственный интеллект и машинное обучение обеспечивают большую автоматизацию, эффективность и адаптивность производственного процесса.

4. Аддитивное производство (3D-печать):

Аддитивное производство, широко известное как 3D-печать, представляет собой преобразующую технологию. Благодаря многослойности материалов, основанных на цифровых конструкциях, 3D-принтеры обеспечивают быстрое создание прототипов.

5. Робототехника и автоматизация:

Роботизированные системы и автоматизация играют важную роль в Индустрии 4.0 для машиностроительных предприятий. Передовые роботизированные системы могут выполнять сложные задачи с точностью и скоростью, повышая производительность и снижая количество человеческих ошибок. Роботы для совместной работы (коботы) работают бок о бок с людьми-операторами, повышая безопасность и эффективность.

6. Технология цифрового двойника:

Технология цифровых двойников - это виртуальное представление физической машины или системы, позволяющее осуществлять мониторинг, моделирование и оптимизацию в режиме реального времени. Моделируя различные сценарии, инженеры могут улучшить дизайн продукта, спрогнозировать потребности в техническом обслуживании и оптимизировать эффективность производства [3].

Внедрение данных технологий требует большого количества ресурсов, которых у большинства машиностроительных предприятий нет. Но можно начать переход к цифровизации с создания цифровой модели/цифрового двойника [4].

Сравним применение цифровой модели и цифрового двойника на примере процесса машиностроительного предприятия «Изготовление рейки зубчатой».

Модель данного процесса, построенная в нотации BPMN, представлена на рисунке 1.

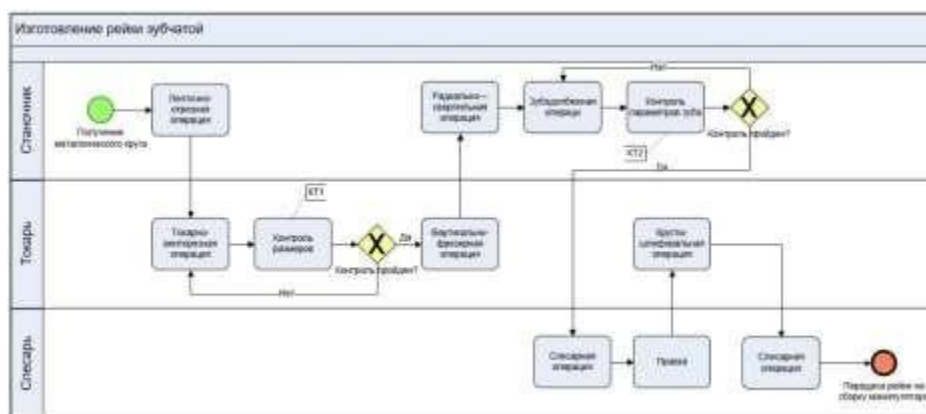


Рис. 1 – Графическое отображение процесса «Изготовление рейки зубчатой»

Следующим этапом, после построенной модели, можно считать проведение имитационного моделирования процесса, позволяющее выявить используемые временные и материальные ресурсы, а также постоянные расходы с помощью функционально-стоимостного анализа.

В настоящее время руководители некрупных машиностроительных предприятий считают, что цифровизация может быть полезна только при полностью автоматизированном процессе в котором практически исключен человеческий фактор [5]. Поэтому мы сравнили следующие виды производства:

- Базовый – при данном варианте используются статичные процессы контроль осуществляется рабочим или специалистом отдела технического контроля (ОТК) по маршрутным листам с отображением всего процесса в виде блок схемы.

- Полуавтоматизированный – создание цифровой модели процессов, проведение их имитационного моделирования, контроль процессов специалистом ОТК согласно модели, построенной в нотации BPMN.
- Автоматизированный – создание цифрового двойника производства, контроль процессов осуществляется датчиками.

Цифровизация меняет отрасль машиностроения, предлагая беспрецедентные возможности для инноваций и роста [6]. Внедряя цифровые технологии на машиностроительных предприятиях оптимизируются операции и повышается производительность. Но несмотря на многие преимущества их внедрение оно очень дорогое, требуются не только автоматизированное оборудование, но и подключение к Интернету всего предприятия, установление датчиков, обучение всего персонала. Поэтому некрупным предприятиям с ручными и полуавтоматизированными операциями на первоначальном этапе выгоднее создать модель производства, которая позволит проследить все маршруты процессов, проанализировать их, нормировать и оптимизировать.

Библиографический список

1. Алтухова, Н.Ф. Условия реализации цифровой трансформации в организации / Н.Ф. Алтухова // Экономика. Налоги. Право. – 2018. – №2, том 11 – С. 70-73.
2. Голиницкий, П.В. Влияние цифровизации на эффективность технологических процессов современного производства / П. В. Голиницкий, Э. И. Черкасова, Ю. Г. Вергазова, У. Ю. Антонова // Компетентность. – 2021. – № 8. – С. 48-54.
3. Кириллов, Д. С. Цифровые двойники как основа цифровой трансформации промышленных предприятий / Д. С. Кириллов, Т. А. Барчукова // Актуальные вопросы экономики и управления, Смоленск, 21–22 октября 2021 года. – Смоленск: Издательство "Маджента", 2021. – С. 161-164.
4. Голиницкий, П. В. Применение IT-технологий при маркировке запасных частей сельскохозяйственной техники / П. В. Голиницкий, У. Ю. Антонова, К. И. Ханжиян // Компетентность. – 2019. – № 5. – С. 36-39.
5. Голиницкий, П.В. Применение цифровых инструментов для совершенствования производственного процесса / П. В. Голиницкий, У. Ю. Антонова, Л. А. Гринченко, С. Ю. Видникевич // Компетентность. – 2023. – № 5. – С. 32-37.
6. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – Москва : ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с. – ISBN 978-5-6049928-2-1.

УДК 621.731.1

ОСОБЕННОСТИ КОНТРОЛЯ КРЕПЕЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПРИ ПОСТУПЛЕНИИ ИХ НА РЕМОНТНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

Гайворонская А. А., магистрант

Научный руководитель: Вергазова Ю. Г., к.т.н., доцент

*Российский государственный аграрный университет – МСХА имени
К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ*

Аннотация. Обосновано применение выборочного входного контроля для крепежных изделий на ремонтных предприятиях. Описана последовательность действий при выборочном контроле. Разработана матрица крепежных изделий - шпилек, болтов, гаек.

Ключевые слова: контроль, управление качеством, дефект, метрологическое обеспечение.

Входной контроль всех запасных частей, материалов и комплектующих на ремонтном предприятии должен быть обеспечен с позиции менеджмента качества [1-4]. Операции по разборке, замене деталей и сборке агрегатов требуют обеспечения норм взаимозаменяемости, допусков и посадок [5-7], это обеспечит снижение отказов и повышение износостойкости и долговечности соединений [8,9]. Производственные процессы производства и контроля должны быть выполнены с позиции обеспечения качества [10,11]. В свою очередь, средства измерений должны отвечать требованиям точности контроля и погрешность не должна превышать заданные пределы [12-14]. Такие действия по обеспечению качества контроля приводят к снижению потерь от внешнего брака [15].

Сложившаяся система эксплуатации отечественных машин предусматривает проведение регулярных капитальных ремонтов из-за низкой надежности как новой, так и отремонтированной техники. Важнейшие причины брака – использование устаревшего оборудования, выбор допусков и посадок по методу подобию, применение некачественных материалов, отсутствие требуемых средств измерений (СИ) и методик выполнения операций контроля.

Управление качеством осуществляется на предприятиях на основе требований международных стандартов ИСО 9000. Улучшение качества ремонта возможно и путем организации метрологической службы. При выборочном контроле проверка соответствия реализуется на основании равновесия рисков поставщика и потребителя. Далее необходимо грамотно выбрать СИ. Разработаны новые алгоритмы выбора СИ, где можно не только определить затраты на контроль, но и потери от неправильного забракования и принятия

деталей [14,15]. Совместное наложение потерь и затрат, и процедура их минимизации приводит к снижению затрат на качество. Экономия достигается и при применении современных СИ с малым расходом энергии.

Выборочный контроль крепежных изделий является важным этапом в процессе производства и монтажа. Он обеспечивает качество и безопасность изделий, а также соответствие их требованиям стандартов и нормативных документов.

В рамках выборочного контроля крепежных изделий проводятся следующие операции:

1. Визуальный осмотр - проверка внешнего вида изделий на наличие видимых дефектов, таких как трещины, раковины, заусенцы и т.д.

2. Измерения геометрических параметров - определение размеров и форм изделий с помощью измерительных инструментов, таких как микрометры, штангенциркули, глубиномеры и т.п.

3. Испытания на прочность - определение способности изделий выдерживать нагрузки и сопротивления к разрушению. Для этого используются специальные испытательные машины и стенды.

4. Испытания на твердость - измерение твердости материалов, из которых изготовлены крепежные изделия, для определения их способности противостоять износу и коррозии.

5. Испытания на коррозионную стойкость - проверка устойчивости изделий к воздействию различных агрессивных сред, таких как кислоты, щелочи, морская вода и т.п.

6. Проверка маркировки и упаковки - контроль соответствия маркировки изделий требованиям стандартов, а также оценка качества и надежности упаковки.

Если число выявленных дефектных изделий меньше или равно приемочному числу, вся партия – принимается. В противном случае, вся партия изделий подвергается сплошному контролю или не принимается. На основании вышеизложенного, была разработана матрица контроля крепежных изделий, табл. 1.

Таблица 1 – Карта выборочного контроля крепежных изделий

Вид контроля	Объем контроля
Анализ сертификатов или паспортных данных	Каждый документ
Проверка соответствия маркировок техническим условиям на поставку	Каждое упаковочное место
Проверка типа изделия и размеров	3 шт. от упаковочного места
Проверка визуальным осмотром поверхности шпилек и гаек на отсутствие коррозии, трещин, раковин, забоин и повреждений	10 % от упаковочного места

Вид контроля	Объем контроля
Проверка качества резьбы резьбовыми калибрами	10 % от упаковочного места
Контроль твердости	3 шт. от упаковочного места
Определение механических свойств изделий	3 шт. от партии
Стилоскопирование легирующих элементов согласно марке	В сомнительных случаях

От качества крепежных изделий зависит эксплуатационная надежность сложной техники, машин и агрегатов для сельского хозяйства. Крепёжные изделия обычно являются продуктом массового производства, а изделия в партии обычно имеют определенный разброс по функциональным параметрам. Поэтому проверка геометрических размеров, контроль твердости, определение механических свойств – 3 шт. из партии. При подозрении на значительные отклонения от норм проводится стилоскопирование легирующих элементов. В случае нарушения требований к качеству замене подлежит вся поставленная партия, причем это должно происходить за счет поставщика, что должно быть оговорено в договорах на поставку.

Библиографический список

1. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – Москва : ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с. – ISBN 978-5-6049928-2-1. – EDN RSFSFK.
2. Ерохин М. Н. Производство и ремонт отечественных машин для агропромышленного комплекса с позиции принципа 5М / М. Н. Ерохин, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Вестник машиностроения. – 2023. – № 8. – С. 701-704. – DOI 10.36652/0042-4633-2023 -102-8-701-704.
3. Леонов, О. А. Организация системы контроля затрат на качество на предприятиях технического сервиса АПК / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2009. – № 8-1(39). – С. 56-59.
4. Леонов, О. А. Построение функциональной модели процесса «Техническое обслуживание и ремонт сельскохозяйственной техники» с позиции требований международных стандартов на системы менеджмента качества / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ – 2009. – № 7(38). – С. 35-40.
5. Леонов, О. А. Взаимозаменяемость унифицированных соединений при ремонте сельскохозяйственной техники / О. А. Леонов. – Москва, 2003. – 166 с. – ISBN 5-86785-121-4. – EDN QKVQJH.
6. Леонов, О. А. Курсовое проектирование по метрологии, стандартизации и сертификации / О. А. Леонов. – М.: Изд-во ФГОУ ВПО МГАУ, 2002. – 168 с. – ISBN 5-86785-109-5. – EDN TRWRIB.

7. Бондарева Г. И. Изменения в стандарте единой системы допусков и посадок / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Тракторы и сельхозмашины. – 2016. – № 12. – С. 39-42. – EDN XEFEIF.

8. Леонов, О. А. Модель параметрического отказа для расчета точностных параметров соединения с зазором / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Трение и износ. – 2019. – Т. 40, № 4. – С. 424-430. – EDN PMGHNY.

9. Расчет допуска посадки с зазором для повышения относительной износостойкости соединений / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Г. Н. Темасова [и др.] // Трение и износ. – 2023. – Т. 44, № 3. – С. 261-269. – DOI 10.32864/0202-4977-2023-44-3-261-269.

10. Леонов, О. А. Техничко-экономический анализ состояния технологического оборудования на предприятиях технического сервиса в агропромышленном комплексе / О. А. Леонов, Н. И. Селезнева // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2012. – № 5(56). – С. 64-67.

11. Quality Control in the Machining of Cylinder Liners at Repair Enterprises / O. A. Leonov, N. Z. Shkaruba, Y. G. Vergazova [et al.] // Russian Engineering Research. – 2020. – Vol. 40, No. 9. – P. 726-731. – DOI 10.3103/S1068798X20090105.

12. Леонов, О. А. Методы и средства измерений температуры : Методические рекомендации / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба. – Москва : МГАУ им. В.П. Горячкина, 2008. – 124 с.

13. Леонов, О. А. Нормирование погрешности косвенных измерений при приёмо-сдаточных испытаниях двигателей / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Измерительная техника. – 2022. – № 8. – С. 23-27. – DOI 10.32446/0368-1025it.2022-8-23-27.

14. Леонов, О. А. Алгоритм выбора средств измерений для контроля качества по технико-экономическим критериям / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2012. – № 2(53). – С. 89-91.

15. Оценка внешнего брака на предприятиях машиностроения / Г. И. Бондарева, Г. Н. Темасова, [и др.] // Вестник машиностроения. – 2021. – № 11. – С. 93-96. – DOI 10.36652/0042-4633-2021-11-93-96.

УДК 65.012.1

ЦИФРОВОЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Голиницкий П. В., к.т.н., доцент

Черкасова Э. И., к.с.-х.н., доцент

Антонова У. Ю., к.т.н., доцент

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ

Аннотация. Работа посвящена применению цифровых инструментов при совершенствовании производственных процессов. Применение моделирования процессов позволяет сократить временные и финансовые затраты на всех этапах разработки и внедрения, а также положительным образом сказалось на решении собственников о необходимости предлагаемых изменений.

Ключевые слова: Качество, процессный подход, цифровизация, моделирование, промышленное производство.

К промышленному производству в современной России приковано особое внимание, поскольку от его эффективности зависят многие другие отрасли. Особенностью данной отрасли является тесная производственная кооперация предприятий, поскольку современный и конкурентоспособный продукт невозможно произвести полностью в одиночку [1]. Из-за чего возникает потребность в качественных комплектующих и сырье, произведенных в нужном объеме без срывов сроков поставки [2]. Данная ситуация усложняется ограниченным числом возможных поставщиков. Для решения этой проблемы необходим трансфер успешных практик от одних предприятий к другим [3].

На машиностроительных предприятиях, имеющих большое количество ручных и полуавтоматизированных операций, достаточно сложно создать цифровой двойник производственного процесса, затраты на который могут оказаться достаточно большими [4, 5]. Для относительно некрупных предприятий можно рассмотреть создание цифровой модели, которая не так требовательна к оборудованию и квалификации сотрудников, при этом позволяет проанализировать текущие состояние процессов [6, 7].

При создании модели особое внимание уделяется контрольным точкам (КТ), для которых составляется таблица дефектов с указанием причины их возникновения и способов их устранения [8, 9, 10]. Для каждой КТ при построении процесса должны быть предусмотрены корректирующие действия.

В графическую модель процесса вносились собранные и подготовленные данные, реально отражающие существующие положение на предприятии, при несовпадении результата модели с реальным процессом вносились изменения. На основе предложений от сотрудников и руководителей подразделений предприятия была составлена модель улучшенного процесса, который представлен на рисунке 1.

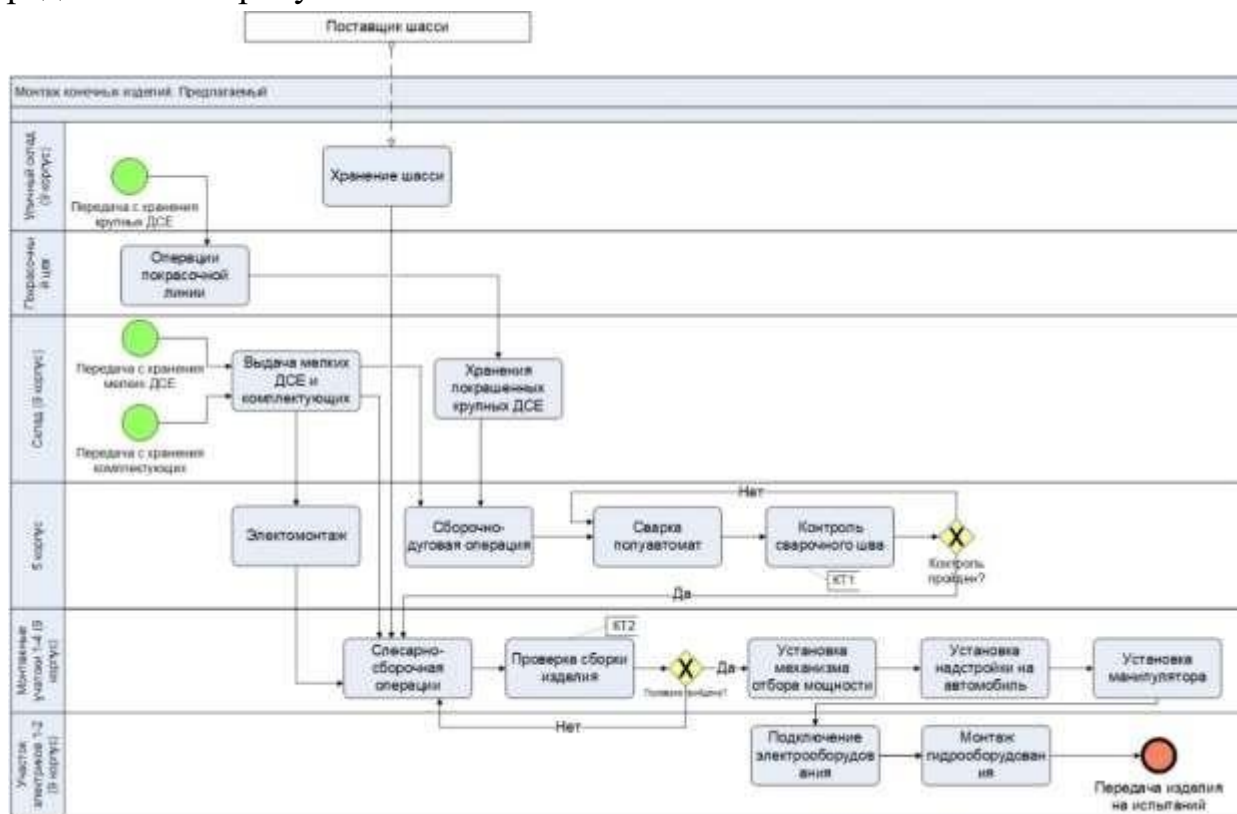


Рис. 1 – Графическое отображение предлагаемого процесса «Монтаж конечных изделий»

Основную сложность при анализе эффективности предлагаемого процесса вызывает сбор данных для моделирования. Для решения этой проблемы можно использовать данные с аналогичных операций или провести тестовый прогон с определенной повторяемостью, при этом для моделирования целесообразно брать данные более пессимистичного сценария.

Время выполнения данного процесса согласно модели, может снизиться на 8 часов 25 минут. Поскольку данный результат можно считать приемлемым для собственников предприятия, то было принято решение о внедрении. Наиболее благоприятным периодом для внедрения нового процесса является время корпоративного отпуска, поскольку за это время сотрудник частично утрачивает наработанные навыки и ему легче перестроиться.

Применение моделирования позволило сократить временные и финансовые затраты на всех этапах разработки и внедрения, а также

положительным образом сказалось на решении собственников о необходимости предлагаемых изменений, в результате весь переход на новый производственный процесс включая разработку решения не превысил 10 месяцев.

Говоря о цифровизации, в первую очередь вспоминают виртуальную и дополненную реальность, работу с большими данными, но это не только высоко затратные решение, она включает инженерные программы для проведения расчетов и проектирования, различные системы управления и моделирования процессов предприятия. Любой из перечисленных инструментов будет эффективен, если предприятие независимо от своего масштаба уже готово к внедрению.

Библиографический список

1. Голиницкий, П. В. Применение IT-технологий при маркировке запасных частей сельскохозяйственной техники / П. В. Голиницкий, У. Ю. Антонова, К. И. Ханжиян // Компетентность. – 2019. – № 5. – С. 36-39.

2. Голиницкий, П. В. Влияние цифровизации на эффективность технологических процессов современного производства / П. В. Голиницкий, Э. И. Черкасова, Ю. Г. Вергазова, У. Ю. Антонова // Компетентность. – 2021. – № 8. – С. 48-54.

3. Применение цифровых инструментов для совершенствования производственного процесса / П. В. Голиницкий, У. Ю. Антонова, Л. А. Гринченко, С. Ю. Видникевич // Компетентность. – 2023. – № 5. – С. 32-37. – DOI 10.24412/1993-8780-2023-5-32-37. – EDN CHXXCZ.

4. Оценка потерь от несоответствий процесса обслуживания и ремонта техники при послепродажном сервисе / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Г. Н. Темасова [и др.] // Сельский механизатор. – 2021. – № 5. – С. 38-40. – DOI 10.47336/0131-7393-2021-5-38-39-40.

5. Оценка внешнего брака на предприятиях машиностроения / Г. И. Бондарева, Г. Н. Темасова, О. А. Леонов [и др.] // Вестник машиностроения. – 2021. – № 11. – С. 93-96. – DOI 10.36652/0042-4633-2021-11-93-96.

6. Идеология формирования рисков при покупке запасных частей для ремонта отечественной сельхозтехники / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Управление рисками в АПК. – 2016. – № 7. – С. 20-28.

7. Теория и практика оценки рисков процессов контроля на предприятиях технического сервиса / Г. И. Бондарева, Н. Ж. Шкаруба, О. А. Леонов [и др.] // Сельский механизатор. – 2021. – № 11. – С. 29-30. – DOI 10.47336/0131-7393-2021-11-29-30-32.

8. Шкаруба, Н. Ж. Управление рисками измерительных процессов в ремонтном производстве / Н. Ж. Шкаруба // Международный технико-экономический журнал. – 2018. – № 6. – С. 77-82.

9. Разработка алгоритма верификации запасных частей при ремонте машин / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Сельский механизатор. – 2022. – № 10. – С. 27-29. – DOI 10.47336/0131-7393-2022-10-27-28-29.

10. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – Москва : ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с. – ISBN 978-5-6049928-2-1. – EDN RSFSFK.

УДК 621.9.08

ОСНОВНЫЕ ДЕФЕКТЫ БЛОКА ЦИЛИНДРОВ ДВИГАТЕЛЯ ЯМЗ И ИХ КОНТРОЛЬ ПРИ РЕМОНТЕ

Зимогорский В. К., аспирант

Научный руководитель: Леонов О. А., д.т.н., профессор

*Российский государственный аграрный университет – МСХА имени
К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ*

Аннотация. Рассмотрены основные виды дефектов блока цилиндров, выявляемые в процессе ремонта двигателей, выявлены параметры точности и выбраны средства измерений для контроля износа или деформации отверстий под вкладыши коренных подшипников.

Ключевые слова: ремонт, блок цилиндров, контроль, износ, деформация, отклонение от соосности.

Достаточно большая конкуренция среди предприятий, оказывающих услуги по ремонту машин приводит их к необходимости уделять внимание качеству ремонта, внедрять системы управления качеством [1,2]. Ремонт сложной техники всегда связан с необходимостью обеспечения норм точности соединений деталей, допусков и посадок [3-5], что связано с их дальнейшей износостойкостью и долговечностью [6,7]. Производственные процессы в результате анализа качества постоянно подвергаются мониторингу [8,9]. Операции и средства измерений, испытаний и контроля также совершенствуются и применяются новые, более точные, средства измерений [10-13]. Все эти мероприятия приводит к существенному уменьшению потерь от брака и повышению уровня удовлетворенности потребителя [14,15].

Для обеспечения непрерывного и динамичного управления качеством на ремонтных предприятиях необходимо разработать схему технического контроля, в которой определяются детали и технологические операции, подлежащие выборочному или 100 %-ому контролю. Также необходимо установить периодичность, требуемое число проверок и проверяющих лиц. От перечисленных мероприятий будут зависеть величины внутренних и внешних потерь на ремонтном предприятии.

В таблице 1 представлены основные дефекты блока цилиндров. Эти дефекты можно разделить на три группы по методам контроля: органолептический контроль, инструментальный контроль и смешанный контроль.

Таблица 1 – Основные дефекты блока цилиндров

Методы	Дефект	Способ установления дефекта и средства контроля	Заключение при дефектации
Органолептический контроль	Трещины в отверстиях под вкладыши коренных опор и под втулки распредвала	Осмотр Лупа ЛП-1-4х	Браковать
	Трещины на боковых поверхностях блока, не выходящие на рёбра жёсткости	Осмотр	Заварить
	Трещины или обломы в отверстиях под шпильки	Осмотр	Заварить, наплавить
	Кавитационное разрушение нижнего отверстия под гильзу цилиндра	Осмотр	Браковать
	Коррозийный износ опорной поверхности под бурт цилиндров	Осмотр	Обработать до устранения дефекта
	Ослабление посадки шпилек крепления головок цилиндра	Осмотр, опробование рукой	Заменить шпильку
	Срыв резьбы не более двух витков	Осмотр	Калибровать резьбу
Инструментальный контроль	Деформации отверстий под гильзы цилиндров	Нутрометр НИ 100-160-1	Браковать
	Износ отверстий втулок под шейки распределительного вала	Нутрометр НИ 50-100	Обработать отверстия
	Износ отверстий под подшипники вала ведомой шестерни топливного насоса	Нутрометр НИ 50-100	Браковать
	Износ отверстия втулки под ось двигателя	Нутрометр 18-50-1	Заменить втулку
	Ослабление посадки втулок распределительного вала	Нутрометр НИ 50-100-1	Заменить втулки

	Ослабление посадки установочного штифта стартера	Нутрометр 6-10	Заменить штифт
	Нарушение соосности отверстий коренных подшипников	Специальный прибор	Браковать
	Износ посадочного буртика под гильзу цилиндров	Специальное приспособление	Браковать
Смешанные контроль	Деформации плоскостей под головки цилиндров	Осмотр Линейка ШП-2-400	Браковать
	Износ или деформация отверстий под вкладыши коренных подшипников	Осмотр Нутрометр НИ 100-160-1	Браковать
	Износ поверхности под корпус топливного насоса высокого давления	Осмотр Специальное приспособление	Наплавить
	Деформация поверхностей под вкладыши коренных подшипников	Осмотр Специальное приспособление	Браковать

Перед операцией дефектации сначала необходимо очистить блок. Это осуществляется в специально моечной машине с добавлением моющего раствора. Необходимо продуть и просушить блок цилиндров сжатым воздухом, особенно масляные каналы.

1. Внешним осмотром выявить наличие (или отсутствие) трещин, срывов резьбы и другие возможные повреждения.

2. Далее необходимо осмотреть гильзы цилиндров с обеих сторон. Царапины, задиры и трещины не допускаются.

3. Индикаторным нутрометром замерить отверстия под вкладыши коренных подшипников в двух поясах, определить овальность и конусность отверстий.

4. Далее производится проверка соосности отверстий под вкладыши коренных подшипников. При нарушении соосности отверстий на величину более 0,03 мм блок цилиндров должен быть заменен на новый.

5. В заключении необходимо измерить состояние посадочного буртика под гильзу цилиндра. Величина неравномерности износа на канавке под буртик гильзы не должна превышать 0,05 мм.

На основании полученных данных принимается заключение о годности блока цилиндров. Параметры точности и средства измерений для контроля износа или деформации отверстий под вкладыши коренных подшипников представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры точности и средства измерений для контроля износа или деформации отверстий под вкладыши коренных подшипников $\varnothing 116^{+0,021}$

Номер п/п	Контролируемый размер	Допуск размера, мкм	Средство измерений	Погрешность измерений, мкм
1	$\varnothing 116^{+0,021}$	21	Нутромер НИ 100-160-0,01	± 25
2	$\varnothing 116^{+0,021}$	21	Нутромер НИ 100-160-0,001	$\pm 6,5$
3	$\varnothing 116^{+0,021}$	21	Нутромер НИ 100-160-ЦГ	$\pm 5,5$

Из данных таблицы 2 видно, что условиям выбора средств измерений соответствуют средства измерений в строках 2 и 3. Рекомендуются техническими условиями на ремонт - Нутромер НИ 100-160-0,01, имеет погрешность, превышающую величину допуска. Следовательно, метрологическая экспертиза технической документации разработчиками не проводилась и точность контроля не будет обеспечена.

Таким образом, рассмотрен процесс дефектации блоков цилиндров ДВС. Выявлено, что от качества проведения данного процесса зависит дальнейший ресурс двигателя в процессе эксплуатации. С целью снижения внутренних и внешних потерь, возникающих при ремонте ДВС, особенно рекламаций потребителя данных услуг, следует четко соблюдать всю последовательность выполняемых работ и для операций инструментального контроля выбирать те средства измерений, которые удовлетворяют требованиям по допускаемой погрешности измерений.

Библиографический список

1. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – Москва : ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с. – ISBN 978-5-6049928-2-1. – EDN RSFSFK.
2. Ерохин М. Н. Производство и ремонт отечественных машин для агропромышленного комплекса с позиции принципа 5М / М. Н. Ерохин, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Вестник машиностроения. – 2023. – № 8. – С. 701-704. – DOI 10.36652/0042-4633-2023-102-8-701-704.
3. Леонов, О. А. Взаимозаменяемость унифицированных соединений при ремонте сельскохозяйственной техники / О. А. Леонов. – Москва, 2003. – 166 с. – ISBN 5-86785-121-4. – EDN QKVQJH.
4. Бондарева Г. И. Изменения в стандарте единой системы допусков и посадок / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Тракторы и сельхозмашины. – 2016. – № 12. – С. 39-42. – EDN XEFEIF.

5. Леонов, О. А. Курсовое проектирование по метрологии, стандартизации и сертификации / О. А. Леонов. – М.: Изд-во ФГОУ ВПО МГАУ, 2002. – 168 с. – ISBN 5-86785-109-5. – EDN TRWRIB.
6. Расчет допуска посадки с зазором для повышения относительной износостойкости соединений / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Г. Н. Темасова [и др.] // Трение и износ. – 2023. – Т. 44, № 3. – С. 261-269. – DOI 10.32864/0202-4977-2023-44-3-261-269.
7. Леонов, О. А. Модель параметрического отказа для расчета точностных параметров соединения с зазором / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Трение и износ. – 2019. – Т. 40, № 4. – С. 424-430. – EDN PMGHHY.
8. Леонов, О. А. Техничко-экономический анализ состояния технологического оборудования на предприятиях технического сервиса в агропромышленном комплексе / О. А. Леонов, Н. И. Селезнева // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2012. – № 5(56). – С. 64-67.
9. Quality Control in the Machining of Cylinder Liners at Repair Enterprises / О. А. Leonov, N. Z. Shkaruba, Y. G. Vergazova [et al.] // Russian Engineering Research. – 2020. – Vol. 40, No. 9. – P. 726-731. – DOI 10.3103/S1068798X20090105.
10. Леонов, О. А. Методы и средства измерений температуры : Методические рекомендации / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба. – Москва : МГАУ им. В.П. Горячкина, 2008. – 124 с.
11. Леонов, О. А. Алгоритм выбора средств измерений для контроля качества по технико-экономическим критериям / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2012. – № 2(53). – С. 89-91.
12. Леонов, О. А. Нормирование погрешности косвенных измерений при приёмо-сдаточных испытаниях двигателей / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Измерительная техника. – 2022. – № 8. – С. 23-27. – DOI 10.32446/0368-1025it.2022-8-23-27.
13. Леонов, О. А. Управление качеством метрологического обеспечения предприятий / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Сборник научных докладов ВИМ. – 2012. – Т. 2. – С. 412-420. – EDN PWJNGJ.
14. Оценка внешнего брака на предприятиях машиностроения / Г. И. Бондарева, Г. Н. Темасова, [и др.] // Вестник машиностроения. – 2021. – № 11. – С. 93-96. – DOI 10.36652/0042-4633-2021-11-93-96.
15. Леонов, О. А. Организация системы контроля затрат на качество на предприятиях технического сервиса АПК / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2009. – № 8-1(39). – С. 56-59.

УДК 65.018

СРЕДСТВА, МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПРОЦЕССОВ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НА ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Колесникова О. В., магистр

Научный руководитель: Голиницкий П. В., к.т.н., доцент,

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ

Аннотация Работа посвящена применению средств, методов и инструментов для мониторинга процессов системы менеджмента качества и повышения качества выпускаемой продукции на приборостроительном предприятии.

Ключевые слова: приборостроительное предприятие, система менеджмента качества, средства, методы и инструменты, управление качеством, цифровизация.

В настоящее время ведущие приборостроительные предприятия активно стремятся к повышению эффективности и качества своей деятельности [1]. Одним из ключевых инструментов в этом процессе является система менеджмента качества, позволяющая контролировать и оптимизировать все процессы и подразделения компании [2, 3]. Поэтому на приборостроительном предприятии в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001-2015 разрабатываются критерии для мониторинга процессов функционирования СМК. Для всестороннего понимания инструментов управления качеством должны быть объединены и дополнены различные средства и подходы (см. рис. 1 и рис. 2).

Одной из групп инструментов являются "Семь основных («простых») инструментов контроля качества". Семь основных инструментов контроля качества включают:

1. Диаграмма Парето.
2. Гистограмма.
3. Контрольные листы.
4. Диаграмма рассеивания.
5. Контрольные графики.
6. Стратификация.
7. Диаграмма Исикавы (причинно-следственная диаграмма).



Рис. 1 – Классификация средств и методов управления качеством



Рис. 2 – Классификация методов управления качеством

В общем, эти семь основных методов контроля качества являются эффективным инструментом для мониторинга процессов системы менеджмента качества, обеспечения управления и повышения качества продукции, производимой на приборостроительном предприятии. Они помогают производителям и руководителям контролировать процессы, выявлять недостатки и принимать меры для улучшения качества.

В таблице 1 приведены инструменты контроля качества, которые возможно использовать на приборостроительном предприятии.

Таблица 1 – Инструменты для управления качеством в приборостроении

Контроль	Инструменты и методы управления качеством	Контролируемый параметр
Входной контроль	Контрольный листок	Наличие сопроводительной документации
	Гистограмма	Дефекты при приемке материала
Межоперационный контроль	Диаграмму Парето	Численное выражение причин брака детали при производстве
	Диаграмма Исикавы	Причины брака детали при производстве
Приемочный контроль	Контрольные карты	Соответствует деталь требованиям

Для успешного функционирования системы менеджмента необходимо иметь надежные и проверенные средства и методы мониторинга процессов. Контроль и наблюдение за процессами являются критическими аспектами успешной реализации системы менеджмента качества в любой организации. Использование соответствующих инструментов и подходов позволяет обнаруживать и анализировать потенциальные проблемы и несоответствия в работе системы, а также принимать оперативные меры для их устранения.

Важное значение имеет и использование статистических методов контроля качества, таких как контрольные карты, гистограммы, диаграммы причин и следствий и другие. С целью эффективного использования данных инструментов необходимо провести цифровизацию процессов [4]. Цифровизация позволит анализировать данные и выявлять аномалии и отклонения в процессах, инновационные технологии позволяют внедрять средства, методы и инструменты системы менеджмента качества для эффективного мониторинга [5, 6, 7]. Это позволяет принять соответствующие меры по улучшению процессов и предотвратить возможные проблемы или несоответствия в работе системы менеджмента качества.

Таким образом, для обеспечения эффективного функционирования системы менеджмента качества необходимо использовать надежные и проверенные средства и методы мониторинга процессов. Это позволит своевременно обнаруживать и решать проблемы, улучшать качество работы системы и достигать поставленных целей и требований.

Библиографический список

1. Леонов, О. А. Управление качеством : Учебник предназначен для студентов, обучающихся по направлениям подготовки бакалавриата «Стандартизация и метрология» и «Управление качеством» / О. А. Леонов, Г. Н.

Темасова, Ю. Г. Вергазова. – 4-е издание, стереотипное. – Москва : Издательство "Лань", 2020. – 180 с.

2. Леонов, О. А. Менеджмент качества : Учебник / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова, Ю. Г. Вергазова. – Санкт-Петербург : Издательство "Лань", 2021. – 180 с.

3. Леонов, О. А. Статистические методы и инструменты контроля качества : учебное пособие для СПО / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Г. Н. Темасова. – Санкт-Петербург : Издательство "Лань", 2021. – 144 с.

4. Применение цифровых инструментов для совершенствования производственного процесса / П. В. Голиницкий, У. Ю. Антонова, Л. А. Гринченко, С. Ю. Видникевич // Компетентность. – 2023. – № 5. – С. 32-37.

5. Влияние цифровизации на эффективность технологических процессов современного производства / П. В. Голиницкий, Э. И. Черкасова, Ю. Г. Вергазова, У. Ю. Антонова // Компетентность. – 2021. – № 8. – С. 48-54.

6. Создание цифровой модели процесса комплектации и сборки для ремонтного производства / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Л. А. Гринченко, Д. А. Пупкова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2023. – № 2(70). – С. 458-466.

7. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – Москва : ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с. – ISBN 978-5-6049928-2-1. – EDN RSFSFK

УДК 621.9.08

ОЦЕНКА УРОВНЯ КАЧЕСТВА ВЕРТАКАЛЬНО – ХОНИНГОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ

*Лазарь В. В., старший преподаватель
ФГБОУ ВО «МАИ» (НИУ), г. Москва, РФ*

Аннотация. В результате расчета показателей, характеризующих уровень качества вертикально – хонинговальных станков выявлено, что приобретение нового технологического оборудования для заданного объема выпуска целесообразно, так как технико-экономический уровень новых станков выше базового за счет повышения производительности, снижения энергоемкости и удельной стоимости.

Ключевые слова: технологическое оборудование, материалоемкость, энергоемкость, трудоемкость, интегральный показатель качества.

Сложные элементы и агрегаты сельскохозяйственной техники требуют обеспечения качества их ремонта [1-4]. В свою очередь, технологии ремонта и сборки двигателей внутреннего сгорания, устанавливаемые на сельскохозяйственную технику, должны быть ремонтпригодны, долговечны, а отремонтированные соединения - износостойки [5,6]. При восстановлении и сборке ответственных соединений двигателей необходимо соблюдать требуемые допуски и посадки [7,8]. Необходимо проводить технико-экономический анализ состояния технологического оборудования на предприятиях технического сервиса [9,10]. При контроле размеров ответственных деталей необходимо обеспечивать требуемую точность [11-13]. Тогда на предприятии снизится число обращений по гарантийным и постгарантийным случаям отказа двигателей после ремонта [14].

Цель исследования: провести оценку технико-экономического уровня технологического оборудования, рассчитать и сравнить интегральные показатели качества и удельные затраты на обработку одной детали.

Рассмотрим вертикально - хонинговальные станки, применяемые для обработки гильз цилиндров, разных производителей. Характеристики станков сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета технико-экономических показателей новых станков

Показатели	Станки новые			
	ЗН833 Россия, базовый	ЗМВ9817 Китай	Dalcan Machines-Denmark VCH 450, Дания	ROBBI SET150-L Италия
	Производительность Р, шт/ч	18	60	60
Масса станка М, кг	1520	1000	750	1200
Цена Ц, р.	920000	800000	1780000	2412000
Обслуживающий персонал L, чел.	1	1	1	1
Номинальная мощность двигателя W, кВт	8,12	1,625	2,35	4,32
Срок службы станка Т, лет	30	30	30	30

В качестве базовой модели оценки качества технологического оборудования использован стоимостной метод, который основан на расчете удельных затрат по значениям расценок на используемые ресурсы.

В соответствии с методикой расчета был проведен расчёт стоимостных индексов качества и определены интегральные показатели качества для старых и новых станков. Все данные сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Полученные значения частных показателей для новых станков

Показатели	Модели станков			
	ЗН833 Россия	ЗМВ9817 Китай	Dalcan Machines- Denmark VCH 450 Дания	ROBBI SET150-L Италия
	базовый	новый	новый	новый
Удельная материалоемкость станка m , кг/шт.	0,00065	0,00013	0,00009	0,00015
Удельная трудоемкость обслуживания станка l , чел.-ч/шт.	0,056	0,017	0,017	0,017
Удельная энергоемкость работы станка e , кВт/шт.	0,096	0,006	0,008	0,015
Удельная материалоемкость применяемых вспомогательных материалов v , ед./шт.	0,02	0,02	0,02	0,02
Производительность труда $P = 1/l$, шт./чел.-ч.	18	60	60	60
Интегральный показатель качества I , шт./р.	0,09	0,25	0,23	0,26
ТЭУ, J	базовый	2,78	2,56	2,89
Срок окупаемости, лет	–	0,52	1,28	1,54

В результате расчёта и сравнения интегральных показателей качества и стоимостных индексов качества новых хонинговальных станков получено, что наиболее целесообразно использовать станок ROBBI SET150-L (Италия), так как, что выше, чем у конкурентов, при этом станок из Китая ЗМВ9817 практически ни в чем не уступает итальянской модели, его интегральный показатель качества равен 0,25 и срок окупаемости у него ниже (табл. 2).

Вывод. Для рассмотренного случая обработки гильз цилиндров на хонинговальных станках получено, что наиболее целесообразно использовать станок ROBBI SET150-L (Италия) из числа новых, так как его интегральный показатель качества выше аналогов.

Библиографический список

1. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – Москва : ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с. – ISBN 978-5-6049928-2-1. – EDN RSFSFK.
2. Ерохин М. Н. Производство и ремонт отечественных машин для агропромышленного комплекса с позиции принципа 5М / М. Н. Ерохин, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Вестник машиностроения. – 2023. – № 8. – С. 701-704. – DOI 10.36652/0042-4633-2023-102-8-701-704.

3. Леонов, О. А. Организация системы контроля затрат на качество на предприятиях технического сервиса АПК / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2009. – № 8-1(39). – С. 56-59.
4. Леонов, О. А. Взаимозаменяемость унифицированных соединений при ремонте сельскохозяйственной техники / О. А. Леонов. – Москва, 2003. – 166 с. – ISBN 5-86785-121-4. – EDN QKVQJH.
5. Леонов, О. А. Модель параметрического отказа для расчета точностных параметров соединения с зазором / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Трение и износ. – 2019. – Т. 40, № 4. – С. 424-430. – EDN PMGHNY.
6. Расчет допуска посадки с зазором для повышения относительной износостойкости соединений / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Г. Н. Темасова [и др.] // Трение и износ. – 2023. – Т. 44, № 3. – С. 261-269. – DOI 10.32864/0202-4977-2023-44-3-261-269.
7. Бондарева Г. И. Изменения в стандарте единой системы допусков и посадок / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Тракторы и сельхозмашины. – 2016. – № 12. – С. 39-42. – EDN XEFEIF.
8. Леонов, О. А. Курсовое проектирование по метрологии, стандартизации и сертификации / О. А. Леонов. – М.: Изд-во ФГОУ ВПО МГАУ, 2002. – 168 с. – ISBN 5-86785-109-5. – EDN TRWRIB.
9. Леонов, О. А. Техничко-экономический анализ состояния технологического оборудования на предприятиях технического сервиса в агропромышленном комплексе / О. А. Леонов, Н. И. Селезнева // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2012. – № 5(56). – С. 64-67.
10. Quality Control in the Machining of Cylinder Liners at Repair Enterprises / O. A. Leonov, N. Z. Shkaruba, Y. G. Vergazova [et al.] // Russian Engineering Research. – 2020. – Vol. 40, No. 9. – P. 726-731. – DOI 10.3103/S1068798X20090105.
11. Леонов, О. А. Управление качеством метрологического обеспечения предприятий / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Сборник научных докладов ВИМ. – 2012. – Т. 2. – С. 412-420. – EDN PWJNGJ.
12. Леонов, О. А. Алгоритм выбора средств измерений для контроля качества по технико-экономическим критериям / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2012. – № 2(53). – С. 89-91.
13. Леонов, О. А. Нормирование погрешности косвенных измерений при приёмо-сдаточных испытаниях двигателей / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Измерительная техника. – 2022. – № 8. – С. 23-27. – DOI 10.32446/0368-1025it.2022-8-23-27.

14. Оценка внешнего брака на предприятиях машиностроения / Г. И. Бондарева, Г. Н. Темасова, [и др.] // Вестник машиностроения. – 2021. – № 11. – С. 93-96. – DOI 10.36652/0042-4633-2021-11-93-96.

УДК 621.9.08

ВЫБОР ВИДА УПРОЧНЕНИЯ МЕТОДОМ ПДД ПОВЕРХНОСТИ ВАЛА ПОД МАНЖЕТУ ПРИ РЕМОНТЕ МАШИН

Нестеркин Г. А., преподаватель

*Российский государственный аграрный университет – МСХА имени
К.А. Тимирязева МСХА, г. Москва, РФ*

Аннотация. Рассмотрены статические и динамические способы поверхностно-пластической обработки поверхностей деталей. Для поверхности вала под резиновую армированную манжету целесообразнее всего после шлифования использовать обкатывание роликами – применять ПДД, которое позволяет обеспечить глубину уплотненного слоя до 2 мм, что значительно превышает величину радиального износа вала при работе соединения

Ключевые слова: ремонт, уплотнение, манжета, поверхность вала.

При ремонте сельскохозяйственной техники большое внимание уделяется качеству и долговечности [1,2]. Долговечность работы соединений можно увеличить двумя путями – повышением износостойкости пар трения [3, 4] и рациональным выбором норм точности и отклонений деталей [5-7]. Контроль качества также должен соответствовать определенному уровню [8-10]. В противном случае идет рост экономических потерь из-за поломок и простоев техники [11,12]

Соединение «вал-уплотнение» является ответственным элементом любого агрегата, и его надежность имеет важное значение для обеспечения срока эксплуатации всей сборочной единицы. Необходимо уделить особое внимание выбору материалов, обработке поверхностей и типу уплотнения для обеспечения эффективного, герметичного и износостойкого соединения.

В условиях мелкосерийного и единичного ремонтного производства вышеназванные виды упрочняющей обработки реализовать очень сложно из-за больших затрат, связанных либо с покупкой оборудования, либо с текущими затратами, связанными с большим расходом электроэнергии.

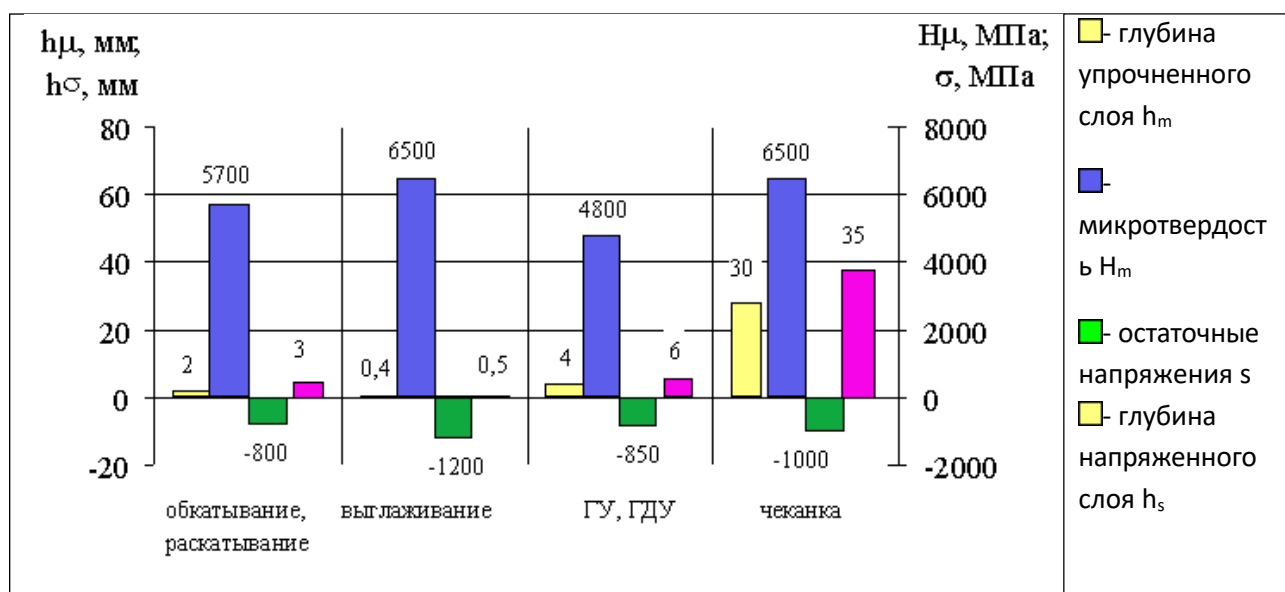


Рис.1 – Обоснование способа ППД для поверхности вала соединения «вал-уплотнение» [13,14]

Обработка ППД позволяет обеспечить глубину упроченного слоя поверхности до 30 мм, микротвердость в среднем увеличивается на 150 % относительно исходного значения, и доходит до величины в 6500 МПа.

Остаточные напряжения после ППД всегда имеют отрицательное значение, глубина их распространения превышает глубину распространения повышенной микротвердости в 1,5 раза. Большинство методов ППД позволяет упрочнять локальные области поверхностей деталей с реализацией равномерного перехода от упроченного к неупрочненному слою. Эти факты дают возможность рассматривать ППД, как наиболее рациональный эффективный способ повышения эксплуатационных характеристик тяжело нагруженных деталей машин в условиях ремонтного производства [13,14].

ППД может быть обеспечено статическими и динамическими методами. Статические методы, такие как обкатывание, раскатывание, выглаживание и т.д., обеспечивают большую величину упрочнения – микротвердость может достигать 6500 МПа, а остаточные напряжения составят около 1200 МПа при небольшой глубине упроченного слоя соответственно 2 и 3 мм (рис. 2) [13, 14].

Динамические методы, такие как центробежная, дробеструйная, гидродробеструйная обработка, чеканка и т.д., позволяют увеличивать микротвердость до 6500 МПа, а остаточные напряжения сжатия соответственно до 1000 МПа, при глубине упроченного слоя до 35 мм и 45 мм. Для исследуемого соединения вала с манжетой динамические методы использовать нерационально, так как такая глубина здесь не требуется.

Преимущество метода ППД (прокатывания пластической деформацией) обкатывания роликами заключается в следующем:

Высокая точность обработки: метод ППД обеспечивает высокую точность обработки поверхности детали, что позволяет получить изделия с высоким качеством поверхности и точными размерами. **Улучшение механических свойств:** обкатывание роликами позволяет улучшить механические свойства материала, такие как твердость, износостойкость, прочность и ударная вязкость.

Снижение шероховатости поверхности: после обработки роликами шероховатость поверхности уменьшается, что приводит к улучшению ее качества и внешнего вида.

Повышение усталостной прочности: обкатывание позволяет увеличить усталостную прочность деталей, что особенно важно для деталей, работающих под нагрузкой.

Экономия времени и ресурсов: метод ППД позволяет сократить время обработки деталей и снизить затраты на оборудование и материалы.

Возможность обработки труднодоступных мест: метод ППД подходит для обработки деталей сложной формы и с труднодоступными участками.

Экологичность: в процессе обработки не используются вредные химические вещества, что делает этот метод более безопасным для окружающей среды.

Таким образом, для формирования более продолжительного срока службы соединения резиновой армированной манжеты с валом при ремонте сборочной единицы, в случае когда вал не заменяется на новый, а существует технологическая возможность обработать поверхность вала под ремонтный размер, целесообразнее всего после шлифования использовать обкатывание роликами – применять ППД, которое позволяет обеспечить глубину уплотненного слоя до 2 мм, что значительно превышает величину радиального износа вала при работе соединения.

Библиографический список

1. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – Москва : ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с. – ISBN 978-5-6049928-2-1. – EDN RSFSFK.

2. Ерохин М. Н. Производство и ремонт отечественных машин для агропромышленного комплекса с позиции принципа 5М / М. Н. Ерохин, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Вестник машиностроения. – 2023. – № 8. – С. 701-704. – DOI 10.36652/0042-4633-2023-102-8-701-704.

3. Расчет допуска посадки с зазором для повышения относительной износостойкости соединений / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Г. Н. Темасова [и др.]

др.] // Трение и износ. – 2023. – Т. 44, № 3. – С. 261-269. – DOI 10.32864/0202-4977-2023-44-3-261-269.

4. Леонов, О. А. Модель параметрического отказа для расчета точностных параметров соединения с зазором / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Трение и износ. – 2019. – Т. 40, № 4. – С. 424-430. – EDN PMGHHY.

5. Леонов, О. А. Взаимозаменяемость унифицированных соединений при ремонте сельскохозяйственной техники / О. А. Леонов. – Москва, 2003. – 166 с. – ISBN 5-86785-121-4. – EDN QKVQJH.

6. Бондарева Г. И. Изменения в стандарте единой системы допусков и посадок / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Тракторы и сельхозмашины. – 2016. – № 12. – С. 39-42. – EDN XEFEIF.

7. Леонов, О. А. Курсовое проектирование по метрологии, стандартизации и сертификации / О. А. Леонов. – М.: Изд-во ФГОУ ВПО МГАУ, 2002. – 168 с. – ISBN 5-86785-109-5. – EDN TRWRIB.

8. Леонов, О. А. Управление качеством метрологического обеспечения предприятий / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Сборник научных докладов ВИМ. – 2012. – Т. 2. – С. 412-420. – EDN PWJNGJ.

9. Леонов, О. А. Методы и средства измерений температуры : Методические рекомендации / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба. – Москва : МГАУ им. В.П. Горячкина, 2008. – 124 с.

10. Quality Control in the Machining of Cylinder Liners at Repair Enterprises / O. A. Leonov, N. Z. Shkaruba, Y. G. Vergazova [et al.] // Russian Engineering Research. – 2020. – Vol. 40, No. 9. – P. 726-731. – DOI 10.3103/S1068798X20090105.

11. Оценка внешнего брака на предприятиях машиностроения / Г. И. Бондарева, Г. Н. Темасова, [и др.] // Вестник машиностроения. – 2021. – № 11. – С. 93-96. – DOI 10.36652/0042-4633-2021-11-93-96.

12. Леонов, О. А. Организация системы контроля затрат на качество на предприятиях технического сервиса АПК / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2009. – № 8-1(39). – С. 56-59.

13. Лихобабина Н. В. Повышение эффективности и качества изготовления роликов буксовых подшипников путем введения в технологический процесс операции ультразвукового алмазного выглаживания : дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук / – Саратов, 2009. – 123 с.

14. Ерохин, М. Н. Термодинамический критерий упрочнения деталей динамическими методами поверхностной пластической деформации / М. Н. Ерохин, О. Г. Кокорева // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2014. – № 2(62). – С. 7-13.

УДК 658.5

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОДУКЦИИ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА

Нефедова М. С., студент

Фролова Д. А., студент

Научный руководитель: Черкасова Э. И., к.с.-х.н, доцент

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ

Аннотация. В работе рассмотрено применение информационных технологий для обеспечения безопасности продукции переработки зерна.

Ключевые слова: крупа, цифровизация, прослеживаемость, маркировка, качество.

Крупа является продуктами повседневного спроса. Она используется не только в промышленных масштабах, но и в качестве основного сырья для домашней выпечки и для панировки, крупы – очень полезные продукты питания, особенно необходимы детям, пожилым и взрослым людям. Именно поэтому так важно, чтобы для питания поступали качественные зерновые продукты.

Цель исследования: возможность применения цифровых технологий для обеспечения безопасности продукции переработки зерна

Задачи исследования: изучить потребительский рынок страны; рассмотреть технологические свойства крупы; изучить существующие виды информационной маркировки с применением для крупяной продукции.

На потребительском рынке страны в широком ассортименте представлены многокомпонентные хлопья быстрого приготовления, полученные из нескольких видов круп, но преобладающим компонентом, которые практически встречаются во всех хлопьях, являются – овсяные. Если рассматривать российский рынок потребления круп, то овсяные хлопья входят в тройку лидеров, после рисовой и гречневой, за счет высокой пищевой ценности.

Крупа относится к продовольственным товарам с длительным сроком годности, и некоторые виды круп могут сохраняться до года, однако из-за особенности распределения жира в зерне и содержании жирных кислот овсяные хлопья имеют не большой срок хранения [1]. Особое внимание при хранении уделяется целостности упаковки – она должна быть герметичной, потому что овсяные хлопья очень хорошо впитывают влагу, а также относительной влажности воздуха в помещениях, не более 70% и температура воздуха, должна быть не выше 25 °С, без резких перепадов. Также на упаковке обязательно должны быть указаны две даты – дата выработки и дата расфасовки продукта.

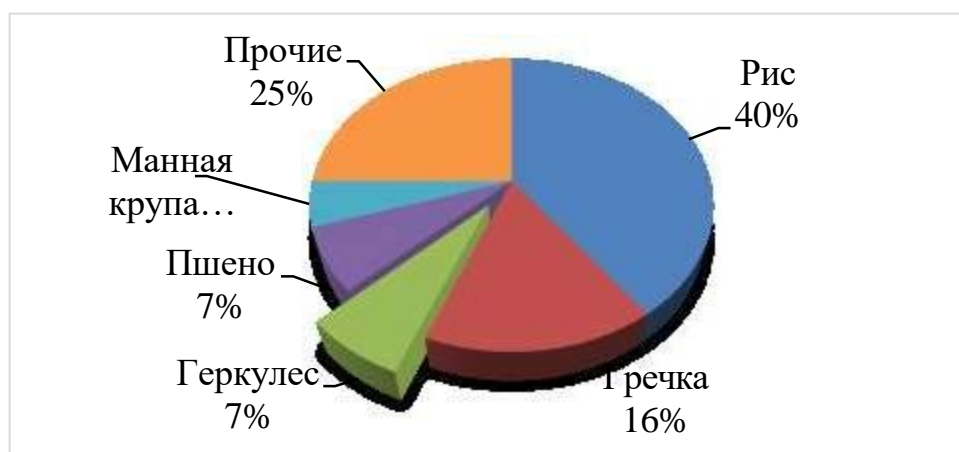


Рис. 1 – Доля различных видов круп в общем объеме потребления, 2020-2022г., в %

При хранении крупы биохимические процессы протекают несколько медленнее, чем в муке. Крупа некоторое время сохраняет свои исходные свойства, а затем начинается постепенное их ухудшение [2]. Прежде всего это выражается в изменении аромата и вкуса. Свойственные каждому виду свежей крупе вкус и аромат постепенно ослабевают, в каше начинают появляться несвойственные ей посторонние запахи и ощущаться горечь и кислота во вкусе.

Использование современных технологий для прослеживания качества пищевой продукции позволяеткратно уменьшить негативные последствия для потребителя [3, 4]. Основным требованием к применяемым средствам маркировки это возможность относительно лёгкого считывания информации для потребителя поэтому целесообразно использовать QR-код или радиочастотные метки NFC-PASS (рис. 2), в которые записывается информация об интернет ресурсе, на котором размещены данные о данном конкретном продукте [5].

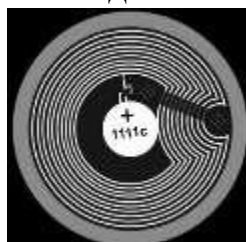


Рис. 2 – Радиочастотная метка NFC-PASS

Помимо показателей качества овсяных хлопьев, даты производства и расфасовки производитель, также может указать из какого сырья была произведена продукция, сведения о регионе отправки, и данные о посреднике, которому была отгружена партия.

Уже сейчас благодаря маркировки (рис. 3) и единой базе система честный знак позволяет узнать наличие лекарственных препаратов в аптеках, нанесённая маркировка позволяет быть уверенным в качестве молочной продукции, а при возникновении опасности для здоровья в считанные минуты не допускать к реализации дефектную продукцию [6, 7, 8].



Рис. 3 – Пример маркировки Data Matrix.

Но в данном случае эффективность маркировки этого может оказаться недостаточной, поэтому нами предлагается дополнить её обратной связью, которую можно реализовать благодаря распространению цифровых технологий, а дополнив эту информацию данными о цепочке поставки можно определять, где именно были допущены нарушения.

Допустим в предприятии А3 был приобретен зараженный товар, потребителю достаточно отсканировать нанесённые на упаковку и чек QR-коды. При появлении информации в системе предприятию А2 будет отправлено уведомление о необходимости проверки имеющейся продукции, если подобный случай повторится и на предприятии А1 то информация по цепочке передаётся на уровень выше, а также её получают все торговые предприятия которые получили товар через предприятие А. Подобным образом двигаясь по цепочке в обратном направлении можно найти первоисточник проблемы.

Таким образом, обеспечение безопасности зерновой продукции с применением информационных технологий позволит обеспечить прозрачность всей цепочки, а благодаря обратной связи найти и локализовать источник заражения.

Приобретая зерновую продукцию в магазине, можно рекомендовать потребителю обращать внимание на качество изделий и маркировку и более внимательно относиться к выбору продукции: при покупке обязательно смотрите на дату изготовления. Маркировку с использованием радиочастотных меток сейчас используют для меховых изделий, алкогольной продукции, в ближайшее время она появится и на лекарственных препаратах. Распространение подобной маркировки неизбежно снизит стоимость как внедрения, так и маркировки.

Библиографический список

1. Черкасова, Э.И. Основы разработки процедуры обращения с потенциально опасной пищевой продукцией / Э.И. Черкасова // В сборнике: Безопасность и качество сельскохозяйственного сырья и продовольствия. Создание национальной системы управления качеством пищевой продукции. Сборник научных трудов. 2016. С. 448-450.
2. Черкасова, Э.И. Влияние термического обеззараживания на комплекс микроорганизмов и качество многокомпонентных смесей растительного происхождения / Э.И. Черкасова // Диссертация на соискание

ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Красноярский государственный аграрный университет". Красноярск, 2006

3. Digitalization of the process of traceability of grain processing products Cherkasova, E., Golinitsky, P., Antonova, U., Pupkova, D., Zimogorsky, V. E3S Web of Conferences

4. Курдюмова, М.С. Внедрение цифровых технологий на предприятиях пищевой отрасли / М.С. Курдюмова Э. И. Черкасова // Компетентность. 2018. № 4(155). С. 43-47.

5. Черкасова, Э.И. Применение цифровой маркировки для обеспечения качества пищевой продукции / Э.И. Черкасова, П.В. Голиницкий, К.С. Семенова, У.Ю. Антонова // В сборнике: наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития. Материалы международной научно-практической конференции. Красноярск, 2021. С. 356-358.

6. Черкасова Э.И. Использование информационных технологий для идентификации качества продуктов переработки зерна на этапах товародвижения / Черкасова Э.И., Голиницкий П.В. // В сборнике: Инновационные достижения науки и техники АПК. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. 2018. С. 408-410.

7. Черкасова, Э.И. Применение современных способов маркировки контроля температурного режима хранения для пищевой продукции / Э.И. Черкасова, П.В. Голиницкий // В сборнике: Доклады ТСХА. 2020. С. 90-94.

8. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – Москва : ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с. – ISBN 978-5-6049928-2-1.

УДК 621.9.08

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРИ РЕМОНТЕ ТЕХНИКИ

Пасько В. А., магистрант

Научный руководитель: Вергазова Ю. Г., к.т.н., доцент

*Российский государственный аграрный университет – МСХА имени
К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ*

Аннотация. Рассмотрены последствия применения бракованных запасных частей при ремонте техники, следует особое внимание уделять контролю и не допускать массовое использование продукции недобросовестных производителей запасных частей, иначе значительно вырастут издержки на рекламации.

Ключевые слова: ремонт, запасные части, брак, качество, контроль.

При ремонте техники достаточно часто встречается низкое качество работ. И это не только из-за плохой квалификации рабочих и менеджеров. Это слабая система мониторинга ответственности и контроля, присущая Российской системе бизнеса и отсутствие применения современной системы качества на предприятии.

Требуемая точность процессов производства не достигается технологическим оборудованием предприятий из-за отсутствия средств на приобретение нового оборудования. Здесь всегда имеет место брак.

Зарубежные машиностроительные заводы, имея хорошее оборудование и малое количество брака, а главное – сохраняя имидж и авторитет на рынке, уничтожают бракованную продукцию. Отечественные машиностроительные предприятия имеют следующую методику работы с браком. Брак реализуется немного выше стоимости металлолома оптовым поставщикам запасных частей, которые продают их сервисным центрам, ремонтным предприятиям и частным покупателям по цене годных изделий, причем в ряде случаев, не убирая даже специальную маркировку, говорящую о браке. Такая безубыточная система приносит доход и заводу, и оптовику. Но страдает потребитель от отказов техники. И его менталитет начинает смещаться в сторону покупки надежной машины.

Устаревшее и изношенное технологическое оборудование тоже не отправляется в лом, а продается заводом – изготовителем на сторону. Его скупают малые предприятия по производству запасных частей, и начинается полное нарушение существующих технологий, иначе не будет прибыли. Наносится еще больший удар по потребителю.

Качество машиностроительной продукции во многом зависит именно от продукции смежных предприятий, поставляющих комплектующие изделия на конвейер и запасные части.

Зарубежные компании проводят сопровождение продукции, и службы качества при официальных дилерах фиксируют причины отказов, систематизируют информацию и воздействуют на производство. В системе качества этот процесс называется «Корректирующие мероприятия». Включаются конструкторы, технологи и устраняют проблему.

Зарубежная техника высокотехнологична, используются точное технологическое оборудование, прочные и износостойкие материалы, элементы и покрытия. Это выгодно потребителю – техника отказывает редко, а если отказывает – представитель производителя решает проблему быстро и качественно. И не требуется армия ремонтников с низкой точностью оборудования, несовершенными технологиями, необходимостью дополнительных операций разборки, мойки, дефектовки, использованием

контрафактных запчастей, что неконкурентоспособно с новыми изделиями по соотношению «цена – качество».

Обеспечение заданного и повешенного качества ремонта сельскохозяйственной техники в современных дилерских центрах отечественных заводов-изготовителей возможно только путем ввода операций контроля. Стандарты предприятия, СТО, по метрологическому обеспечению работ по техническому обслуживанию и ремонту техники должны включать собой перечень мероприятий, которые обуславливают обеспечение единства измерений и требуемую точность. Оптимальная погрешность средств измерений, испытаний и контроля должна быть точно рассчитана с учетом множества факторов, по имеющимся современным алгоритмам. Это должно привести к уменьшению итоговых затрат на качество, и не только в результате падения процента потерь от внутреннего и внешнего брака, но и за счет снижения затрат на измерения и контроль. И это особо актуально на первоначальном этапе, когда будут внедряться современные средства и методы контроля. Снижение или полная ликвидация потерь от внутреннего брака и от внешнего брака возможна.

Снижение потерь от внутреннего брака происходит в результате реализации следующих мероприятий:

1. Улучшение качества: внедрение систем контроля качества, проведение регулярных проверок и тестирования продукции на всех этапах производства.

2. Обучение персонала: повышение квалификации сотрудников, внедрение обучающих программ и тренингов для улучшения навыков и знаний персонала.

3. Стандартизация процессов: разработка и внедрение стандартов и процедур, которые помогут обеспечить постоянное качество продукции.

4. Анализ причин брака: определение и устранение причин возникновения внутреннего брака с целью предотвращения его в будущем.

5. Анализ тенденций: отслеживание и анализ данных о внутреннем браке с целью выявления возможных проблем и их устранения.

Снижение потерь от внешнего брака происходит в результате реализации следующих мероприятий:

1. Контроль качества: тщательный контроль качества продукции на этапе ее производства и перед отправкой клиенту.

2. Обратная связь с клиентами: анализ отзывов и претензий клиентов, определение основных причин недовольства и принятие мер по их устранению.

3. Улучшение упаковки: разработка и использование более надежной и эффективной упаковки, которая предотвращает повреждения при транспортировке и хранении.

4. Улучшение доставки: оптимизация логистических процессов, обеспечение своевременной и безопасной доставки продукции до клиентов.

5. Сотрудничество с поставщиками: выбор надежных поставщиков сырья и материалов, которые гарантируют высокое качество продукции.

Последствиями внедрения вышеназванных мероприятий будет значительный скачок эффективности и результативности входного контроля и снижение требований к выходному контролю на предприятии, что отразится на экономической эффективности функционирования системы менеджмента качества всего предприятия.

Данная деятельность, которая является составным элементом системы менеджмента качества по ИСО 9001:2015, будет относиться к процедуре «Предупредительные мероприятия». И именно последовательная координация превентивных воздействий приносит значительный эффект и наибольшую экономию средств.

Библиографический список

1. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – Москва : ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с. – ISBN 978-5-6049928-2-1. – EDN RSFSFK.

2. Ерохин М. Н. Производство и ремонт отечественных машин для агропромышленного комплекса с позиции принципа 5М / М. Н. Ерохин, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Вестник машиностроения. – 2023. – № 8. – С. 701-704. – DOI 10.36652/0042-4633-2023 -102-8-701-704.

3. Леонов, О. А. Организация системы контроля затрат на качество на предприятиях технического сервиса АПК / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2009. – № 8-1(39). – С. 56-59.

4. Леонов, О. А. Построение функциональной модели процесса «Техническое обслуживание и ремонт сельскохозяйственной техники» с позиции требований международных стандартов на системы менеджмента качества / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ – 2009. – № 7(38). – С. 35-40.

5. Леонов, О. А. Взаимозаменяемость унифицированных соединений при ремонте сельскохозяйственной техники / О. А. Леонов. – Москва, 2003. – 166 с. – ISBN 5-86785-121-4. – EDN QKVQJH.

6. Бондарева Г. И. Изменения в стандарте единой системы допусков и посадок / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Тракторы и сельхозмашины. – 2016. – № 12. – С. 39-42. – EDN XEFEIF.
7. Леонов, О. А. Курсовое проектирование по метрологии, стандартизации и сертификации / О. А. Леонов. – М.: Изд-во ФГОУ ВПО МГАУ, 2002. – 168 с. – ISBN 5-86785-109-5. – EDN TRWRIB.
8. Расчет допуска посадки с зазором для повышения относительной износостойкости соединений / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Г. Н. Темасова [и др.] // Трение и износ. – 2023. – Т. 44, № 3. – С. 261-269. – DOI 10.32864/0202-4977-2023-44-3-261-269.
9. Леонов, О. А. Модель параметрического отказа для расчета точностных параметров соединения с зазором / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Трение и износ. – 2019. – Т. 40, № 4. – С. 424-430. – EDN PMGHNY.
10. Леонов, О. А. Техничко-экономический анализ состояния технологического оборудования на предприятиях технического сервиса в агропромышленном комплексе / О. А. Леонов, Н. И. Селезнева // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2012. – № 5(56). – С. 64-67.
11. Quality Control in the Machining of Cylinder Liners at Repair Enterprises / O. A. Leonov, N. Z. Shkaruba, Y. G. Vergazova [et al.] // Russian Engineering Research. – 2020. – Vol. 40, No. 9. – P. 726-731. – DOI 10.3103/S1068798X20090105.
12. Леонов, О. А. Управление качеством метрологического обеспечения предприятий / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Сборник научных докладов ВИМ. – 2012. – Т. 2. – С. 412-420. – EDN PWJNGJ.
13. Леонов, О. А. Алгоритм выбора средств измерений для контроля качества по технико-экономическим критериям / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2012. – № 2(53). – С. 89-91.
14. Леонов, О. А. Нормирование погрешности косвенных измерений при приёмо-сдаточных испытаниях двигателей / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Измерительная техника. – 2022. – № 8. – С. 23-27. – DOI 10.32446/0368-1025it.2022-8-23-27.
15. Оценка внешнего брака на предприятиях машиностроения / Г. И. Бондарева, Г. Н. Темасова, [и др.] // Вестник машиностроения. – 2021. – № 11. – С. 93-96. – DOI 10.36652/0042-4633-2021-11-93-96.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА КРЕПЕЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Фролова Д. А., студент

Нефедова М. С., студент

Научный руководитель: Черкасова Э. И., к.с.-х.н, доцент

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ

Аннотация. В работе рассмотрена характеристика крепежных изделий, классификация по различным признакам, дефекты. Проведена оценка качества крепежных изделий с помощью диаграммы Парето.

Ключевые слова: крепежные изделия, крепление, резьба, дефекты, классификация.

Крепежные изделия являются неотъемлемой частью многих отраслей промышленности и строительства [1, 2, 3]. Они играют важную роль в создании надежных и прочных конструкций, обеспечивают безопасность и долговечность сооружений.

Цель исследования: оценить качество крепежных изделий.

Задачи исследования: рассмотреть классификацию изделий; изучить дефекты и их последствия, оценить качество крепежных изделий с использованием статистических методов.

Одним из наиболее распространенных типов крепежных изделий являются болты и гайки. Болты различаются по длине, диаметру и типу резьбы. Они используются для соединения двух или более деталей и могут быть использованы в самых разных конструкциях. Гайки используются для закрепления болтов и обеспечения надежности соединения. Они бывают разных типов: шестигранные, круглые, квадратные и т.д.

Кроме того, существуют и другие типы крепежных изделий, включая шурупы и винты. Шурупы имеют острую искривленную форму резьбы, что позволяет легко и надежно закреплять детали. Винты, в свою очередь, обычно имеют более глубокую резьбу и используются для крепления в более мягких материалах, таких как дерево или пластик.

Еще одним важным типом крепежных изделий являются шайбы, которые помещаются между головкой болта или гайкой и поверхностью детали. Они предотвращают нежелательное повреждение деталей и обеспечивают равномерное распределение нагрузки.

Крепежные изделия также включают в себя анкерные болты, которые используются для закрепления конструкций к бетонным или каменным поверхностям. Они представляют собой металлические штыри с резьбовой частью и специальной головкой, которая обеспечивает надежное крепление.

К другим распространенным крепежным изделиям относятся зажимы и скобы. Они используются для фиксации проводов, труб и других элементов, обеспечивая безопасность и удержание.

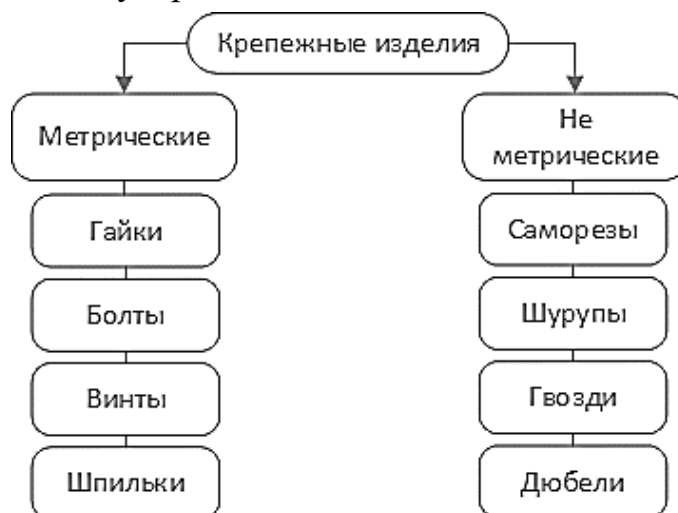


Рис. 1 – Классификация крепежных изделий по признаку резьбового шага

Крепежные изделия могут быть изготовлены из различных материалов, таких как металл, пластик, нержавеющей сталь и др. Выбор материала зависит от требований к прочности, коррозионной стойкости и других характеристик.

Как и любые другие изделия, крепежные изделия также могут иметь дефекты, которые могут влиять на их надежность и производительность. Некоторые из наиболее распространенных дефектов крепежных изделий: недостатки поверхности, коррозия, механические повреждения, неравномерная резьба, неправильная закалка, неправильный размер или форма и прочие дефекты [4].

Важно отметить, что качество крепежных изделий является критическим фактором для обеспечения безопасности и надежности конструкций [5, 6, 7, 8]. Поэтому при выборе и использовании крепежных изделий важно обращать внимание на их качество, соответствие стандартам и отслеживать любые потенциальные дефекты перед использованием.

При контроле качества крепежных изделий, реализуемых на потребительском рынке, были применены статистические методы. Данные представлены в таблице 1 и на рисунке 2.

Таблица 1 – Контрольный листок регистрации дефектов

№	Тип дефекта	Данные контроля	Итого
1.	Недостатки поверхности	//// // // // // // // // //// /	36
2.	Коррозия	//// // // // // // // //	28
3.	Механические повреждения	//// // // // // // //	25
4.	Неравномерная резьба	//// // // //	13
5.	Неправильная закалка	//// //	10
6.	Неправильный размер или форма	//// /	6
7.	Другое	////	5
	Итого		123

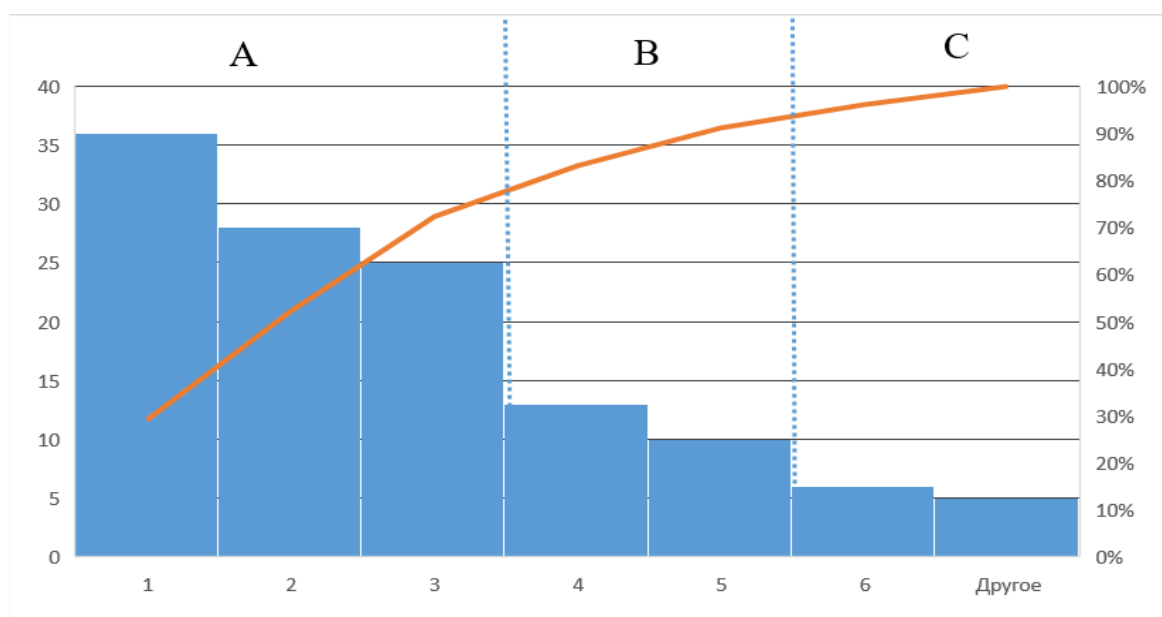


Рис. 2 – Диаграмма Парето

К наиболее часто встречающимся дефектам относятся недостатки поверхности, коррозия и механические повреждения. Эти дефекты входят в группу А.

По частоте возникновения в группу В входят такие дефекты как неравномерная резьба и неправильная закалка. Эти дефекты составляют 19% от общего количества дефектов.

В группу С попадают дефекты, связанные с неправильной формой и размером, а также прочие дефекты. Они составляют 9% от общего числа выявленных дефектов.

Крепежные изделия играют важную роль в обеспечении безопасности и надежности соединений, поэтому правильный выбор и использование крепежных изделий является важным аспектом в проектировании и конструировании различных систем и конструкций.

Библиографический список

1. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – Москва : ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с. – ISBN 978-5-6049928-2-1. – EDN RSFSFK.
2. Ерохин М. Н. Производство и ремонт отечественных машин для агропромышленного комплекса с позиции принципа 5М / М. Н. Ерохин, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Вестник машиностроения. – 2023. – № 8. – С. 701-704. – DOI 10.36652/0042-4633-2023-102-8-701-704.
3. Леонов, О. А. Взаимозаменяемость унифицированных соединений при ремонте сельскохозяйственной техники / О. А. Леонов. – Москва, 2003. – 166 с. – ISBN 5-86785-121-4. – EDN QKVQJH.
4. Леонов, О. А. Модель параметрического отказа для расчета точностных параметров соединения с зазором / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Трение и износ. – 2019. – Т. 40, № 4. – С. 424-430. – EDN PMGHNY.
5. Леонов, О. А. Техничко-экономический анализ состояния технологического оборудования на предприятиях технического сервиса в агропромышленном комплексе / О. А. Леонов, Н. И. Селезнева // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2012. – № 5(56). – С. 64-67.
6. Леонов, О. А. Алгоритм выбора средств измерений для контроля качества по технико-экономическим критериям / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2012. – № 2(53). – С. 89-91.
7. Леонов, О. А. Нормирование погрешности косвенных измерений при приёмо-сдаточных испытаниях двигателей / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Измерительная техника. – 2022. – № 8. – С. 23-27. – DOI 10.32446/0368-1025it.2022-8-23-27.
8. Оценка внешнего брака на предприятиях машиностроения / Г. И. Бондарева, Г. Н. Темасова, [и др.] // Вестник машиностроения. – 2021. – № 11. – С. 93-96. – DOI 10.36652/0042-4633-2021-11-93-96.

Научное издание

РЕИНЖИНИРИНГ И ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Сборник статей Московской международной межвузовской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 100-летию со дня рождения ветерана Великой Отечественной Войны, заслуженного деятеля науки и техники, заслуженного изобретателя РФ, д.т.н., профессора
Николая Федоровича Тельнова

Материалы издаются в авторской редакции

Институт механики и энергетики имени В. П. Горячкина
(ИМЭ имени В. П. Горячкина
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева).
Тел.: +7 (499) 976-0480; (499) 976-2050
e-mail: info@rgau-msha.ru

Сайт: <https://www.timacad.ru/>

*Для создания электронного издания использовано:
Microsoft Word 2017, ПО Adobe Air*

Верстка макета *Н.С. Севрюгина, О.С. Ступин*

Подписано к использованию 12.02.2024. Объем данных 37,0 Мб

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева».
127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49.