

Курский государственный аграрный университет
имени И.И. Иванова
Научно-образовательный центр «Инженер»

4-я Международная
научно-техническая конференция

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА: СЕГОДНЯ И ЗАВТРА

сборник научных статей

21 марта 2025 года

Курск – 2025

УДК 621.31
ББК 31.2
Э45 СХА-12

Председатель оргкомитета:
Серебровский Владимир Исаевич, д.т.н., профессор, Курский ГАУ
Заместитель Председателя оргкомитета:
Агеев Евгений Викторович, д.т.н., профессор,
Юго-Западный государственный университет, г. Курск.

Члены организационного комитета:
Сафронов Руслан Игоревич, к.т.н., доцент, Курский ГАУ
Калуцкий Евгений Сергеевич, к.т.н., доцент, Курский ГАУ
Гнездилова Юлия Петровна, к.т.н., доцент, Курский ГАУ
Ответственный секретарь – Серникова Ольга Сергеевна, преподаватель.

Электроэнергетика: сегодня и завтра: сборник научных статей 4-й Международной научно-технической конференции (21 марта 2025 года), Курский ГАУ. - Курск: Изд-во ЗАО «Университетская книга», 2025. - 377 с.

ISBN 978-5-00261-268-0

Содержание материалов конференции составляют научные статьи отечественных и зарубежных молодых ученых. Излагается теория, методология и практика научных исследований в области электроэнергетики и сельского хозяйства.

Предназначен для научно-технических работников, ИТР, специалистов в области агроинженерии, преподавателей, студентов и аспирантов вузов.

Материалы в сборнике публикуются в авторской редакции.

ISBN 978-5-00261-268-0

УДК 621.31

ББК 31.2

© Курский государственный аграрный
университет имени И.И. Иванова, 2025
© Авторы статей, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Акчурина Д.Р., Нуждова А.А., Мельников И.Н.</i> ИНГИБИТОР КОРРОЗИИ ДЛЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОПОР ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ.....	6
<i>Андросов Н.А., Мясоедова М.А., Мамонова Л.Г.</i> ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ И ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ СИСТЕМ.....	8
<i>Баринов А.И.</i> ВОССТАНОВЛЕНИЕ АЛЮМИНИЕВОЙ ГБЦ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИМ НАПЫЛЕНИЕМ.....	10
<i>Булавинов Е.К.</i> МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ, СВОЙСТВА И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СПЛАВА 08Х18Н10Т.....	13
<i>Бунтаков Д.В., Перинский В.В., Перинская И.В.</i> ИОННОЕ СТРУКТУРИРОВАНИЕ ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ НАНОЧАСТИЦАМИ СЕРЕБРА ДЛЯ ЭЛЕМЕНТОВ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ.....	18
<i>Василенко А.О., Мясоедова М.А.</i> ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОЙ РАБОТЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ СТАБИЛИЗАТОРА НАПРЯЖЕНИЯ.....	22
<i>Власова Н.В., Глушков А.Е., Маслова С.С.</i> ЦИФРОВИЗАЦИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ КАК ИНСТРУМЕНТ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ.....	27
<i>Воропаев А.Е., Лукин Д.А., Белоусов Н.И.</i> СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ ТИТАНА И ТИТАНОВЫХ ПОРОШКОВ.....	30
<i>Воропаев А.Е., Лукин Д.А., Белоусов Н.И.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ.....	33
<i>Галигузов В.И.</i> ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ СЕКТОРЕ РОССИИ.....	37
<i>Галигузов В.И.</i> ТЕХНОЛОГИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ КАК ИНСТРУМЕНТ МОНИТОРИНГА ИЗНОСА КОНТАКТНОЙ И РЕЛЬСОВОЙ СЕТЕЙ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА.....	41
<i>Глушков А.Е., Маслова С.С., Крушинская О.И.</i> ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ОТ АВТОМАТИЗАЦИИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ.....	45
<i>Гнездилова Ю.П., Перишин А.Н., Шестериков П.И.</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ.....	48
<i>Гнездилова Ю.П., Сафронов Р.И., Саруев Б.А.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ.....	53
<i>Гринев Д.В., Мясоедова М.А., Мамонова Л.Г.</i> ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССАХ АПК.....	57
<i>Гусев П.Ю., Таволжанский А.В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ В ЗАДАЧАХ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ.....	60
<i>Дорофеев К.Б., Зацепина В.И.</i> АНАЛИЗ И РЕАЛИЗАЦИЯ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕГО АВТОМАТИЧЕСКОГО ВВОДА РЕЗЕРВА В СИСТЕМАХ ПРОМЫШЛЕННОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ.....	64
<i>Дьякова Ю.А., Стородубцева Т.Н., Шабанов М.Л.</i> ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ МЕБЕЛИ ИЗ ПРИРОДНЫХ КОМПОЗИТОВ.....	67
<i>Игонин С.О., Бидалова А.И.</i> СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ КОМПЛЕКТНОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА 10/0.4 КВ СЭЩ-80.....	70
<i>Игонин С.О., Бидалова А.И.</i> ДИСТАНЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ БЛОКАМИ СБОРОК 0,4 КВ: СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ.....	74

<i>Коняева Н.И., Назаренко Ю.В., Коняев Н.В.</i> К РАЗРАБОТКЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КОРМЛЕНИЙ В СВИНАРНИКАХ.....	77
<i>Крикунов Е.Д.</i> АКТУАЛЬНОСТЬ ВОПРОСА ВОССТАНОВЛЕНИЯ И УПРОЧНЕНИЯ ИЗНОШЕННЫХ ВАЛОВ КРЕСТОВИНЫ КАРДАННОГО ВАЛА ХГДН.....	81
<i>Лыков Д.В.</i> СОВРЕМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ХОЛОДНОГО ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ.....	84
<i>Мамонова Л.Г., Новосельцев В.М.</i> К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ.....	90
<i>Морозов Н.В., Мясоедова М.А., Мамонова Л.Г.</i> ЖИЛЫХИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ.....	93
<i>Морозов Н.Р., Мясоедова М.А., Мамонова Л.Г.</i> ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ СТАБИЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ.....	97
<i>Музалевский А.А., Евлампьев И.С., Баранов Ю.Н.</i> РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ УСТАНОВКИ СОРТИРОВКИ РУДЫ.....	101
<i>Новосельцев В.М.</i> НОВЫЙ ПОДХОД В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АРИФМИТИЧЕСКОЙ ПРОГРЕССИИ 3-ГО ПОРЯДКА.....	105
<i>Новосельцев В.М., Мамонова Л.Г.</i> ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ И ИСТОЧНИКОВ ПОВЫШЕННОЙ ЧАСТОТЫ.....	110
<i>Новосельцев В.М., Кончин В.А.</i> НОВЫЙ ПОДХОД В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АРИФМИТИЧЕСКОЙ ПРОГРЕССИИ 3-ГО ПОРЯДКА.....	114
<i>Нугманов А.Х.-Х., Волков И.Е., Савельев А.П.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВЫПЕЧКИ ХЛЕБА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.....	119
<i>Паракишин В.С., Вайнер Л.Г., Петкевич В.М.</i> КОМПЬЮТЕРНЫЙ ИНЖЕНЕРНЫЙ АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК.....	122
<i>Подхалдин Г.И.</i> РЕМОНТ ПОСТЕЛИ РАСПРЕДВАЛА ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ХГН.....	127
<i>Прокаев А.Е., Качура А.Д., Умеров Э.Р., Ибатуллин И.Д.</i> ГРАФИТОСОДЕРЖАЩИЕ АЛЮМОМАТРИЧНЫЕ СВС-КОМПОЗИТЫ TiC-C-Al В КАЧЕСТВЕ ЭЛЕКТРОСКОЛЬЗЯЩИХ МАТЕРИАЛОВ В СИСТЕМЕ «БАШМАК - РЕЛЬС» ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ МЕТРОПОЛИТЕНА.....	130
<i>Руденко В.В., Касьянов А.В.</i> ПОВЫШЕНИЕ ЗАГРУЗКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОДУКЦИИ.....	135
<i>Руденко В.В., Ароян А.В.</i> АВТОНОМНЫЕ МОДУЛЬНЫЕ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ, НА ОСНОВЕ ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОТХОДОВ МЕТОДОМ ГАЗИФИКАЦИИ.....	138
<i>Савенков Д.В., Кончин В.А., Серебровский В.И.</i> ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ ДОСТАВКИ ЧАСТИЦ В ЗОНУ КАТОДА ПРИ ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИИ.....	140
<i>Савенков Д.В., Кончин В.А.</i> ОСОБЕННОСТИ ТРЕНИЯ И ИЗНАШИВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ (КЭП).....	144
<i>Савенков Д.В., Кончин В.А.</i> К ВОПРОСУ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЭЛЕКТРООСАЖДЕННЫХ ПОКРЫТИЙ (КЭП).....	149
<i>Сафронов Р.И., Хитрич А.А., Рыженко Д.А.</i> ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ.....	154

Сидоров А.А., Гаврилин М.А., Чурилов Д.Г. ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА И ПОВЫШЕНИЕ ЕГО ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ.....	158
Степанов А.С. МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ КОГНИТИВНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ.....	162
Стородубцева Т.Н., Сизачева А.В., Китаев В.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАТУРАЛЬНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ ВОЛОКОН ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА БЕТОНА.....	168
Улитин Д.А., Агеева Е.В. БЕЗОТХОДНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВОГО НИКЕЛЯ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОГО ДИСПЕРГИРОВАНИЯ	172
Фетисов В.С., Кончин В.А. АНАЛИЗ КОНЦЕНТРАЦИИ ЭЛЕКТРОЛИТА ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ И УПРОЧНЕНИИ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ.....	175
Фетисов В.С., Кончин В.А. ВЛИЯНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА	180
Холодов Д.С., Руденко В.В. ИННОВАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В КОНСТРУКЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК	186
Чемеров К.Г., Руденко В.В. ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ.....	190
Шамонин А.А., Уляхин В.И. ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ КРЫШНЫХ ГАЗОВЫХ ОТОПИТЕЛЬНЫХ КОТЕЛЬНЫХ СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ	193
Шамонин А.А., Уляхин В.И. ПРИМЕНЕНИЕ ОПТОВОЛОКОННЫХ ЛИНИЙ СВЯЗИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ АСУТП РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ .	196

ИНГИБИТОР КОРРОЗИИ ДЛЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОПОР ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Акчурина Диана Рустамовна, студент
Нуждова Анастасия Александровна, преподаватель
Мельников Игорь Николаевич, к.х.н., с.н.с.
(igormelnikov1959@yandex.ru)
 Профессионально-педагогический колледж
 Саратовский государственный технический университет
 имени Гагарина Ю.А.

В работе рассмотрена коррозионная стойкость углеродистой стали марки Ст3сп в водных растворах.

Ключевые слова: коррозия, опора электропередач, ингибитор коррозии.

Наиболее часто для создания простых опор электропередач используется не-легированная углеродистая сталь марки Ст3сп. Данный вид стали в большей степени подвержен коррозии по сравнению с остальными видами стали [1-2]. Коррозия металла, по сути, это его разрушение при контакте с кислородом атмосферы и влагой. Часто такие разрушения встречаются в энергетике и других сферах деятельности человека. Слабые кислотные растворы могут значительно ускорять процесс коррозии. То, как себя поведет металлический предмет при контакте с растворами и кислородом воздуха, зависит от его способности пассивироваться. Процесс коррозии металлов в кислых растворах, как правило, приводит к выделению водорода.

В работе проведены исследования влияния бикарбоната натрия и Рофамина Т в качестве ингибитора коррозии на образцы углеродистой стали [3]. Для этого образцы углеродистой стали помещали в дистиллированную воду с ингибитором коррозии и без него на 90 дней при температуре 20-25 °С, рис.1-6.

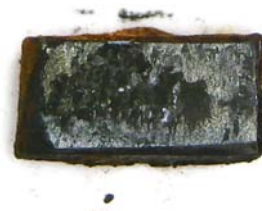


Рис.1 Образец стали Ст3сп
(исходный образец)



Рис.2 Образец стали Ст3сп
в дистиллированной воде



Рис. 3 Образец стали СтЗсп (исходный образец)



Рис. 4 Образец стали СтЗсп в водном растворе бикарбоната натрия (1 %)



Рис. 5 Образец стали СтЗсп (исходный образец)



Рис. 6 Образец стали марки СтЗсп после пребывания в водном растворе Ро-фамина Т (1%)

Анализ полученных результатов свидетельствует, что углеродистая сталь в значительной степени подвержена процессам коррозии в дистиллированной (дождевой) воде. При незначительном содержании бикарбоната натрия и Ро-фамина Т (около 1 %) в водном растворе процесс коррозии существенно замедляется или прекращается полностью. Следовательно, можно предположить, что использование защитных покрытий с содержанием бикарбоната натрия и Ро-фамина Т будет способствовать продлению срока службы простых опор электропередач, произведенных из нелегированной углеродистой стали марки СтЗсп.

Список литературы

1. Жевагина Д.А., Ермошин А.Г., Мельников И.Н. Коррозионная активность растворов солей натрия. Современные тенденции развития науки и технологий. 2017. № 1-2. С. 64-66.
2. Мизякина Е.Д., Ермошин А.Г., Мельников И.Н. Воздействие растворов кислот на углеродистую сталь. Современные тенденции развития науки и технологий. 2017. № 1-2. С. 75-76.
3. Хаврошина Ю.О., Захарченко М.Ю., Мельников И.Н., Пичхидзе С.Я., Кайргалиев Д.В. Октадециламин как ингибитор коррозии в огнетушащих составах Тенденции науки и образования в современном мире. 2016. № 20-4. С. 32-33.

Akchurina Diana Rustamovna, student

Anastasia Aleksandrovna Nuzhdova, teacher

Melnikov Igor Nikolaevich, Candidate of Chemical Sciences, Senior Researcher

CORROSION INHIBITOR FOR METAL TRANSMISSION POLES

Annotation. The paper considers the corrosion resistance of carbon steel grade St3sp in aqueous solutions.

Keywords: corrosion, power transmission pole, corrosion inhibitor.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ И ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ СИСТЕМ

Андросов Николай Андреевич, студент

(e-mail: kezkez18@mail.ru)

Мясоедова Марина Анатольевна, к.т.н., доцент

(e-mail: lady.mysoedova@yandex.ru)

Мамонova Людмила Геннадьевна, к.э.н., доцент

(e-mail: mamonova_lg@mail.ru)

Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова

В данной статье раскрывается применение методов машинного обучения для прогнозирования неисправностей, а также то, что машинное обучение открывает новые горизонты для оптимизации работы систем

Ключевые слова: машинное обучение, промышленность, финансовый сектор, здравоохранение, эффективность.

В последнее время можно наблюдать резкий рост объема данных, которые генерируются в различных сферах деятельности, таких как промышленность, здравоохранение, финансовый сектор. В следствие чего возникает необходимость в эффективных методах их анализа.

Для этих целей используют методы машинное обучение, которые дают возможность не только обрабатывать массивные данные, но и извлекать из них ценную информацию. К таким методам можно отнести обучение с учителем, обучение без учителя, полуобучение.

Обучение моделей с учителем построено на основе использования размеченных данных. Обучение основано на использовании данных предыдущих неисправностей оборудования, что дает возможность прогнозировать будущие поломки.

Следующий метод - это обучение без учителя.

Обучение без учителя применяется для выявления скрытых паттернов в неразмеченных данных. Кластеризация и методы понижения размерности, такие как алгоритм k-средних и t-SNE, позволяют группировать данные и находить аномалии, которые могут указывать на потенциальные проблемы в системе.

Полуобучение сочетает в себе элементы обоих подходов. Оно может быть полезно в тех случаях, когда размеченных данных недостаточно. Например, для улучшения кластеризации можно использовать небольшое количество размеченных данных.

Таким образом применение машинного обучения позволяет выявлять проблемы на ранней стадии, то есть модели могут анализировать данные и сигнализировать о возможных неисправностях до их возникновения. Также машинное обучение, анализируя данные о работе оборудования, дает возможность улучшить обслуживание.

Еще одним преимуществом машинного обучения является улучшение надежности систем за счет своевременного вмешательства.

В производственной сфере компании используют машинное обучение для мониторинга состояния оборудования. Например, системы предиктивной аналитики могут анализировать данные с датчиков, чтобы предсказать поломки машин. Также в сфере здравоохранения анализ больших данных помогает предсказывать вспышки заболеваний и оптимизировать распределение медицинских ресурсов.

В финансовой сфере машинное обучение используется для обнаружения мошенничества и для оценки кредитоспособности клиентов.

Таким образом анализ больших данных с использованием методов машинного обучения открывает новые горизонты для прогнозирования неисправностей и оптимизации работы систем. Внедрение таких технологий позволяет значительно повысить эффективность различных отраслей, снизить затраты и улучшить качество услуг.

Список литературы

1. Юшков А.В., Мясоедова М.А. Цифровизация в области электроэнергетики: преимущества и вызовы// Сб.: Поколение будущего: Взгляд молодых ученых-2023. Сборник научных статей 12-й Международной молодежной научной конференции. В 4-х томах. Курск, 2023. С. 308-311.
2. Юшков А.В., Мясоедова М.А. Актуальность применения автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии// Сб.: Потенциал и вызовы развития возобновляемой энергетики. Сборник научных статей Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Ставрополь, 2023. С. 150-152.
3. Рыжов А.А., Мясоедова М.А. Ресурсосберегающие технологии. взгляд в будущее// сборник: Электроэнергетика сегодня и завтра. сборник научных статей 3-й Международной научно-технической конференции. Курск, 2024. С. 268-271.
4. Найденов Д.Н., Мясоедова М.А. К вопросу внедрения современных технологий в энергетике// книга: Интеграция образования, науки и практики в АПК: проблемы и перспективы. Сборник материалов III международной научно-практической конференции. Луганск, 2023. С. 296-299
5. Мясоедова М.А., Ароян А.В. Использование it-технологии для повышения надежности электрооборудования// сборник: Современные ресурсоэффективные технологии и технические средства в АПК. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Ответственный за выпуск С.Н. Петрова. Курск, 2021. С. 179-183.
6. Ароян А.В., Мясоедова М.А. энергетика сегодня. новые реалии для России// сборник: Электроэнергетика сегодня и завтра. сборник научных статей Международной научно-технической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. Курск, 2022. С. 30-32.
7. Мамонова, Л. Г. Перспективы развития современной энергетики / Л. Г. Мамонова, М. А. Мясоедова // Молодежь и XXI век - 2022 : Материалы 12-й Международной молодежной научной конференции. В 4-х томах, Курск, 17–18 февраля 2022 года / Отв. редактор М.С. Разумов. Том 4. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 236-238. – EDN ANRDYF.
8. Мамонова, Л. Г. Качество электрической энергии в системах электроснабжения и способы его моделирования / Л. Г. Мамонова, М. А. Мясоедова // Региональный вестник. – 2018. – № 1(10). – С. 8-9. – EDN UQXDFT.
9. Мясоедова, М. А. Актуальные проблемы и перспективы энергосетевого комплекса России / М. А. Мясоедова, Л. Г. Мамонова // Электроэнергетика сегодня и завтра : сборник на-

учных статей Международной научно-технической конференции, Курск, 30 марта 2022 года / Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2022. – С. 124-126. – EDN IJTBDR.

10. Мясоедова, М. А. Приоритетные направления в области энергетики / М. А. Мясоедова, Л. Г. Мамонова // Наука молодых - будущее России : сборник научных статей 6-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых, Курск, 09–10 декабря 2021 года. Том 5. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2021. – С. 269-272. – EDN QNPLCQ.

11. Мясоедова, М. А. Проблемы энергоэффективности на современном этапе / М. А. Мясоедова, А. В. Ароян // Современные ресурсоэффективные технологии и технические средства в АПК : Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Курск, 31 марта 2021 года / Ответственный за выпуск С.Н. Петрова. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, 2021. – С. 5-10. – EDN SRCPEL.

12. Волкова, С. Н. Эффективное управление - новый этап в развитии информационных технологий / С. Н. Волкова, М. А. Мясоедова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – № 3. – С. 22-24. – EDN QBUFEN.

Androsov Nikolay Andreevich, student

Marina Anatolyevna Myasoedova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Mamonova Lyudmila Gennadiyevna, Candidate of Economics, Associate Professor

Kursk State Agricultural University named after I.I. Ivanov

Abstract. This article reveals the use of machine learning methods for fault prediction, as well as the fact that machine learning opens up new horizons for optimizing the operation of systems.

Keywords: machine learning, industry, financial sector, healthcare, efficiency .

ВОССТАНОВЛЕНИЕ АЛЮМИНИЕВОЙ ГБЦ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИМ НАПЫЛЕНИЕМ

Баринов Алексей Игоревич, аспирант

(lenya.barinov.99@icloud.com)

*Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова,
г.Курск, Россия*

В этой статье рассмотрено восстановление пробойны алюминиевой головки блока цилиндров (ГБЦ) холодным газодинамическим напылением (ХГН). Даны основные определения и раскрыто понятие газодинамического напыления.

Ключевые слова: газодинамическое напыление, ХГН, ГБЦ, ДВС, процесс электроэрозии.

Сельское хозяйство является одной из важнейших отраслей экономики, и эффективная логистика играет в ней ключевую роль. Различная спецтехника стала надежным партнером для сельскохозяйственных предприятий, обеспечивая перевозку сельскохозяйственной продукции и содействуя развитию аграрного сектора.

Различная спецтехника в АПК широко используется для перевозки сельскохозяйственной продукции от складов до точек продаж. Но агрегаты техники постоянно подвержены нагрузкам, из-за чего выходят из строя. Новые детали

обходятся предприятиям достаточно затратно, поэтому можно прибегнуть к методу холодного газодинамического напыления и восстанавливать изношенные детали.

Холодное газодинамическое напыление является процессом нанесения тонких слоев материала на поверхность с использованием высокоскоростного газового потока. Наносят электроэрозионные порошки с высоким содержанием твердых частиц, обладающих высокой теплопроводностью и прочностью. Этот метод позволяет создавать покрытия с высокой адгезией и минимальными тепловыми деформациями на поверхности ГБЦ. [1,2]

У алюминиевой головки блока цилиндров из-за перегрева двигателя может появиться пробоина, которую можно устранить при помощи холодного газодинамического напыления. (Рис.1) [3,4]



Рис.1 Пробойна на алюминиевой ГБЦ

Для восстановления номинального размера было использовано напыление алюминиевым порошком. Перед восстановлением поверхности, необходима обработка дефектного участка абразивом для лучшей адгезии. В процессе шлифовки поверхности блока вокруг дефекта металл не будет испытывать предельных напряжений, что обеспечит сохранение геометрических параметров дефекта. Качественная обработка и доведение шероховатости до наилучшего значения обеспечит хорошую адгезию с напыляемым слоем. [5,6]

Выполнив данный вид ремонта, мы получим напыленный слой, который затем необходимо обработать фрезой до необходимой формы. (Рис.2)



Рис.2 – Восстановленная пробоина на алюминиевой ГБЦ

Новая технология восстановления ГБЦ ДВС с применением порошковых материалов, состоящих из стандартных, с добавлением электроэрозионных порошков и полученных методом электроэрозии на установке для получения микро и нанопорошков, которая будет повышать износостойкость покрытий, а следовательно ресурс ГБЦ. [7,8]

Список литературы

1. Агеев, Е. В. Восстановление и упрочнение деталей автотракторной техники порошками, полученными электроэрозионным диспергированием отходов твердых сплавов / Е. В. Агеев, Р. А. Латыпов // Международный научный журнал. – 2011. – № 5. – С. 103-106.
2. Оценка износостойкости электроискровых покрытий, полученных с использованием электроэрозионных порошков быстрорежущей стали / Е. В. Агеев, Р. А. Латыпов, Е. В. Агеев [и др.] // Известия высших учебных заведений. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. – 2015. – № 1. – С. 71-76. – DOI 10.17073/1997-308X-2015-1-71-76.
3. Агеев, Е. В. Техническое обслуживание и ремонт машин в АПК : учебное пособие / Е. В. Агеев, С. А. Грашков. – Курск : Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2019. – 185 с. – ISBN 978-5-907205-85-7.
4. Агеев, Е. В. Восстановление корпусных деталей агрегатов автомобиля КГП с электроэрозионными материалами / Е. В. Агеев, С. А. Грашков, С. В. Хардинов. – Курск : Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2020. – 174 с. – ISBN 978-5-907356-02-3.
5. Петридис, А. В. Состав и свойства порошков, полученных из отходов твердых сплавов методом электроэрозионного диспергирования (ЭЭД) / А. В. Петридис, А. А. Толкушев, Е. В. Агеев // Технология металлов. – 2005. – № 6. – С. 13-17.
6. Исследование гранулометрического состава порошков, полученных электроэрозионным диспергированием твердого сплава и используемых при восстановлении и упрочнении деталей автотракторной техники / Е. В. Агеев, В. Н. Гадалов, В. И. Серебровский [и др.] // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2010. – № 4. – С. 76-79.
7. Восстановление ГБЦ напылением электроэрозионных порошков / Баринов А.И. // Современные проблемы и направления развития агроинженерии в России. сборник научных статей 3-й Международной научно-технической конференции. Курск, 2023. С. 9-12.

8. Устранение прогаров алюминиевой ГБЦ / Баринов А.И. // Электроэнергетика сегодня и завтра. сборник научных статей 3-й Международной научно-технической конференции. Курск, 2024. С. 44-47.

Barinov Aleksey Igorevich, graduate student
(e-mail: lenya.barinov.99@icloud.com)

Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov, Kursk, Russia

RESTORATION OF ALUMINUM CYLINDER HEAD BY GAS- DYNAMIC SPRAYING

Abstract. This article discusses the restoration of a hole in an aluminum cylinder head (cylinder head) using cold gas dynamic spray (CGD). Basic definitions are given and the concept of gas-dynamic spraying is disclosed.

Key words: gas-dynamic spraying, CGN, cylinder head, internal combustion engine, electrical erosion process.

МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ, СВОЙСТВА И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СПЛАВА 08X18H10T

Булавинов Евгений Константинович, аспирант
(e-mail: bulavinov_evg@mail.ru)

Курский государственный аграрный университет имени И. И. Иванова,
г. Курск, Россия

В данной статье проведён анализ способов получения, свойств и областей применения стали 08X18H10T.

Ключевые слова: лопатка диска разбрасывателя удобрений, сталь 08X18H10T, получение, свойства, области применения.

Введение

Сталь 08X18H10T представляет собой нержавеющую сталь, относящуюся к аустенитному классу. Эта сталь отличается высокой коррозионной стойкостью, хорошими механическими свойствами и сварочной пригодностью, что делает ее широко используемой в различных отраслях промышленности. В данной статье будет рассмотрен метод получения стали, ее физико-механические свойства, области применения, а также возможные проблемы и перспективы ее развития.

1. Метод получения

Сталь 08X18H10T изготавливается путем выплавки в электропечи. Основными элементами данного материала являются железо, хром (18%), никель (10%) и малые добавки углерода (до 0,08%) и титана (до 0,5%). Процесс плавления обеспечивает необходимую однородность и однородность структуры.

После выплавки сталь подвергается переработке на различных станках с целью получения нужного профиля. Окончательные механические свойства достигаются за счет термической обработки – отжига или закалки, что улучшает комплекс свойств материала (рис. 1).

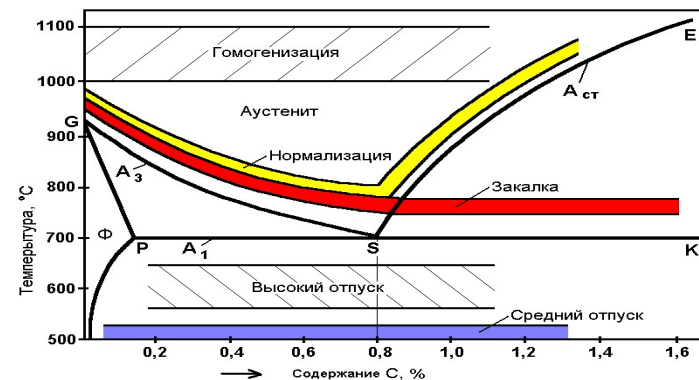


Рис.1 Диапазон оптимальных температур нагрева при различных видах термообработки.

2. Свойства

Данная сталь обладает положительным рядом свойств (рис. 2), которые делают ее наиболее популярным материалом в различных отраслях промышленности.

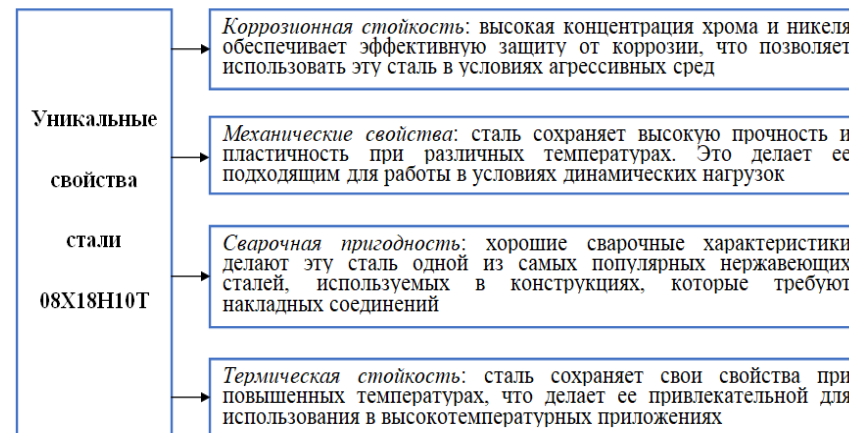


Рис.2 Основные свойства сплава 08X18H10T

3. Влияние химического состава на свойства стали

Все свойства стали 08X18H10T, зависят от введения в сплав достаточно большого процента хрома и никеля. При этом необходимо учитывать, что большая концентрация хрома значительно повышает коррозионную стойкость. А большой процент никеля отражается негативно на эксплуатационных характеристиках. Углерод, являющийся основным элементом, при низком содержа-

нии может ухудшить показатели твердости и прочности, но повысить свариваемость.



Рис.3 Химический состав сплава 08X18H10T

4. Область применения

Сталь 08X18H10T применяется в различных отраслях народного хозяйства (рис. 4)

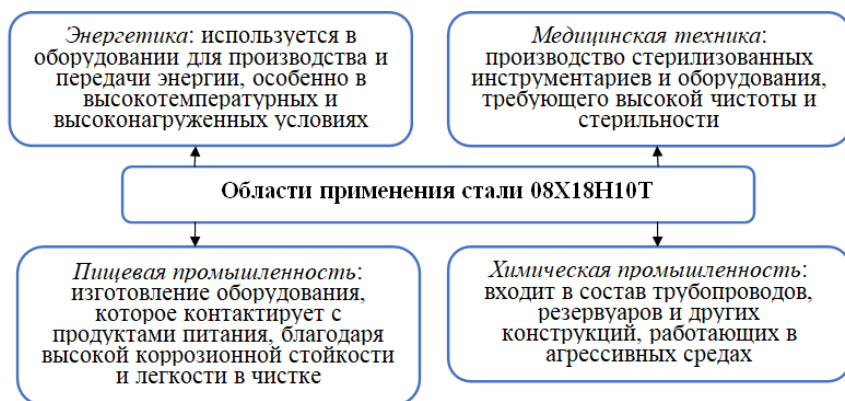


Рис.4 Область применения сплава 08X18H10T в различных отраслях

5. Недостатки стали 08X18H10T

Несмотря на все преимущества, у стали 08X18H10T есть ряд недостатков (рис. 5)

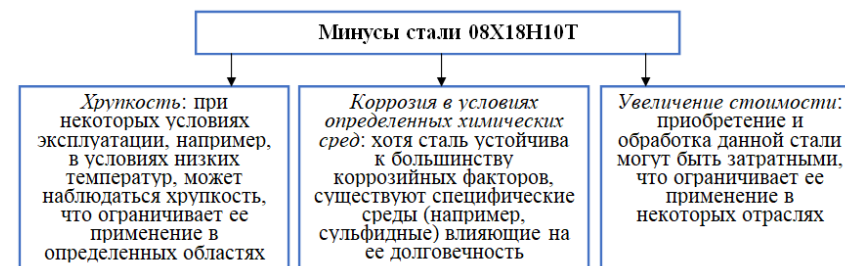


Рис.5 основные недостатки стали 08X18H10T

6. Будущие направления развития стали 08X18H10T

Направления для улучшения свойств стали 08X18H10T можно представить следующим образом (рис. 6):

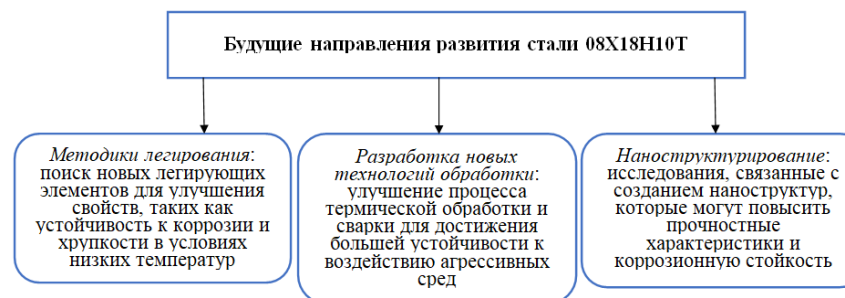


Рис.6 Возможные направления развития

Вывод

Сталь 08X18H10T сохраняет свои позиции как одна из самых востребованных нержавеющей материалов в различных отраслях благодаря своим уникальным свойствам. Важно продолжать исследования по оптимизации его производственных процессов и улучшению характеристик, чтобы расширить сферу применения и повысить эффективность использования данного материала.

Список литературы

1. Рентгеноспектральный микроанализ нихромового порошка, полученного методом электроэрозионного диспергирования в среде керосина / Е. В. Агеев, А. А. Горохов, А. Ю. Алтухов [и др.] // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2016. – № 1(64). – С. 26-31. – EDN VXDVNX.
2. Получение и исследование порошков из отходов вольфрамосодержащих твердых сплавов электроэрозионным диспергированием / Е. В. Агеев, Р. А. Латыпов, Е. В. Агеева, А. А. Давыдов. – Курск : Индивидуальный предприниматель Горохов Александр Анатольевич, 2013. – 200 с. – ISBN 978-5-905556-41-8. – EDN RZROAL.
3. Исследование алюминиевого порошка, полученного методом электроэрозионного диспергирования в дистиллированной воде / Р. А. Латыпов, Е. В. Агеев, Е. В. Агеева, Е. П. Но-

виков // Все материалы. Энциклопедический справочник. – 2016. – № 4. – С. 19-22. – EDN VSKPXR.

4. X-ray analysis of the powder of micro- and nanometer fractions, obtained from wastes of alloy T15K6 in aqueous medium / E. V. Ageeva, E. V. Ageev, S. V. Pikalov [et al.] // Журнал нано- и электрон-ной физики. – 2015. – Vol. 7, No. 4. – P. 04058. – EDNKNCCJI.

5. Electroerosion micro- and nanopowders for the production of hard alloys / R. A. Latypov, G. R. Latypova, E. V. Ageeva, O. V. Kruglyakov // Russian Metallurgy (Metally). – 2016. – Vol. 2016, No. 6. – P. 547-549. – DOI 10.1134/S0036029516060082. – EDN XFGHZN.

6. Хорьякова, Н. М. Электроэрозионные медные порошки для гальванических покрытий / Н. М. Хорьякова, Е. В. Агеев, Е. В. Агеева // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2014. – № 4(112). – С. 18-20. – EDNQFQFMG.

7. Manufacture of Cobalt-Chromium Powders by the Electric Discharge Dispersion of Wastes and Their Investigation / R. A. Latypov, E. V. Ageev, A. Y. Altukhov, E. V. Ageeva // Russian Metallurgy (Metally). – 2018. – Vol. 2018, No. 12. – P. 1177-1180. – DOI 10.1134/S0036029518120108. – EDN MWHYYK.

8. Manufacture of Cobalt-Chromium Powders by the Electric Discharge Dispersion of Wastes and Their Investigation / R. A. Latypov, E. V. Ageev, A. Y. Altukhov, E. V. Ageeva // Russian Metallurgy (Metally). – 2018. – Vol. 2018, No. 12. – P. 1177-1180. – DOI 10.1134/S0036029518120108. – EDN MWHYYK.

9. Агеева, Е. В. Исследование производительности процесса эдд при получении порошкового материала из отходов стали X13 / Е. В. Агеева, Н. М. Игнатенко, С. В. Хардинов // Современные материалы, техника и технологии. – 2021. – № 3(36). – С. 4-9. – EDNQTEIQQ.

10. Подбор оптимальных режимов искрового плазменного спекания никелевых порошков, полученных в воде, экспериментальным путем / Е. В. Агеева, О. Г. Локтионова, А. Е. Агеева, Д. В. Воскобойников // Современные материалы, техника и технологии. – 2022. – № 6(45). – С. 10-14. – EDN FARGII.

11. Новиков, Е. П. Исследование фазового состава порошка электрокорунда, полученного электродиспергированием отходов сплава АД0Е / Е. П. Новиков, В. О. Поданов, А. Е. Агеева // Современные инновации в науке и технике : Сборник научных статей 12-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, Курск, 14–15 апреля 2022 года / Отв. редактор М.С. Разумов. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 186-190. – EDN JBOFHL.

12. Новиков, Е. П. Форма и морфология частиц электрокорунда, полученного электродиспергированием отходов сплава АД0Е / Е. П. Новиков, В. О. Поданов, А. Е. Агеева // Электроэнергетика сегодня и завтра : сборник научных статей Международной научно-технической конференции, Курск, 30 марта 2022 года / Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2022. – С. 127-131. – EDN EUVJQS.

13. Новиков, Е. П. Исследование гранулометрического состава электрокорунда, полученного электродиспергированием отходов сплава АД0Е / Е. П. Новиков, В. О. Поданов, А. Е. Агеева // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации : Сборник научных трудов XVII Международной научно-практической конференции, Курск, 17–18 марта 2022 года / Редколлегия: Разумов М.С. (отв. ред.). – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 320-324. – EDN FJSVHY.

14. Агеева, А. Е. Размерный анализ частиц порошка электрокорунда, полученного электродиспергированием отходов алюминия марки АД0Е / А. Е. Агеева, Е. П. Новиков // Современные материалы, техника и технологии. – 2022. – № 4(43). – С. 12-21. – EDN VKZOYY.

15. Агеев, Е. В. Оптимизация процесса изготовления жаропрочного никелевого сплава путем искрового плазменного спекания порошков, полученных электроэрозионным диспергированием отходов ЖС6У в воде / Е. В. Агеев, В. О. Поданов, А. Е. Агеева // Упрочняющие

технологии и покрытия. – 2023. – Т. 19, № 4(220). – С. 170-174. – DOI 10.36652/1813-1336-2023-19-4-170-174. – EDN ZHOTUI.

Bulavinov Evgeny Konstantinovich, PhD

student (e-mail: bulavinov_evg@mail.ru)

Kursk State Agrarian University named after I. I. Ivanov, Kursk, Russia

THE METHOD OF OBTAINING, PROPERTIES AND SCOPE OF APPLICATION OF THE ALLOY 08X18H10T

This article analyzes the methods of obtaining, properties and applications of steel 08X18H10T.

Keywords: blade of the fertilizer spreader disc, steel 08X18H10T, preparation, properties, applications.

ИОННОЕ СТРУКТУРИРОВАНИЕ ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ НАНОЧАСТИЦАМИ СЕРЕБРА ДЛЯ ЭЛЕМЕНТОВ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

Бунтаков Данил Владиславович, аспирант

(e-mail: danilbuntakov@yandex.ru)

Перинский Владимир Владимирович, д.т.н., профессор

(e-mail: pvv175@rambler.ru)

Перинская Ирина Владимировна, к.т.н., доцент

(e-mail: perinskayaiv@mail.ru)

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

В настоящей работе предлагается способ изготовления квазипористого кремния, структурированного наночастицами серебра, основанный на аддитивной высокоэнергетической имплантации монокристаллического кремния последовательно ионами аргона (Ar^+), причем вторая имплантация через напыленный слой серебра с энергией достаточной для генерирования атомов отдачи.

Ключевые слова: ионы аргона, наночастицы серебра, ионное структурирование, квазипористый кремний.

Ионное структурирование используется при создании наноматериалов, например, дисплеи с плоским экраном основаны на применении катодов с нанорельефом поверхности. Квазипористые поверхности, состоящие из массивов упорядоченных нанопиков кремния, структурированного металлическими элементами, обладают свойствами самоочистки от пыли, что востребовано в элементах солнечных батарей [1].

В наноструктурах пористого кремния с внедренными наночастицами металла под действием света возникает локализованный плазмонный резонанс, который проявляется в интенсивном поглощении света наночастицами в области видимого спектрального диапазона. Возникающее вблизи наночастиц, вследствие

плазмонного резонанса, локальное электромагнитное поле способно генерировать электронно-дырочные пары в кремнии [2,3].

Авторами предложен способ изготовления пористого кремния, структурированного наночастицами серебра, основанный на аддитивной высокоэнергетической высокодозовой имплантации монокристаллического кремния дважды последовательно ионами инертного газа аргона, причем вторая имплантация ионов через напыленный слой серебра, проводится с энергией достаточной для генерирования атомов отдачи. В результате этого процесса в окрестности границы раздела образуется слой, представляющий собой квазипористую двухкомпонентную систему Ag-Si с неоднородным по глубине составом.

Экспериментально исследована квазипористая поверхность: измерены плотность и размер квазипор на поверхности имплантированного ионами аргона монокристаллического кремния и элементный состав квазипористых слоев кремния после вторичной имплантации ионов аргона с локализацией в квазипористом слое наночастиц из атомов отдачи серебра.

Исходными объектами для экспериментов служили полированные по традиционной технологии кремниевых интегральных схем пластины монокристаллического кремния марки КЭФ-4,5 толщиной 0,5мм, применяющиеся для элементов солнечных батарей.

Ионная имплантация образцов проводилась последовательно ионами аргона с энергией $E_1=40$ кэВ, $E_2=100$ кэВ и дозой облучения $\Phi_1=(1,25-3,1)\times 10^{16}$ ион/см² и $\Phi_2=1,6\times 10^{17}$ ион/см², соответственно, на установке ионного легирования типа «Везувий-5». Имплантация ионов с $E_2=100$ кэВ происходила через слой напыленного серебра толщиной 50 ангстрем.

Для наблюдения рельефа квазипористой поверхности кремния после имплантации ионов аргона с энергией $E_1=40$ кэВ использовали сканирующий зондовый микроскоп с высоким вертикальным разрешением OLYMPUS SC30. Размер и плотность квазипор от энергии и дозы ионов устанавливали по программе анализатора для определения площади удельной поверхности NOVA 2000e. Распределение элементов по глубине приповерхностного слоя квазипористого кремния, структурированного наночастицами серебра, и контрольных образцов определяли методом вторично-ионной масс-спектрометрии с помощью масс-спектрометра MC-7201.

Компьютерное моделирования: пробегов ионов аргона в кремнии (масса иона аргона 40 а.е.м., масса атома кремния 28,086 а.е.м., плотность кремния монокристаллического марки КЭФ-4,5 2,33 г/см³, толщина пластины кремния 0,5 мм; концентрационных профилей перемешанных атомов серебра и кремния в квазипористом слое; плотность серебра 10,47 г/см³, толщина 50 ангстрем) проводилось в программе SRIM (*The stopping and range of ions in matter*) (рис.1).

В обрабатываемом слое серебра неоднородно по толщине, в начальный период ионной обработки в приповерхностной области квазипористого кремния происходит накопление атомов отдачи серебра с максимумом распределения концентрации в слое ~ 100 Å, при этом толщина структурированного наночастицами серебра слоя 400-600 Å. Количество внедренных в квазипористый

кремний атомов отдачи серебра определяется при фиксированной энергии бомбардирующих частиц только дозой обработки и не зависит от интенсивности потока бомбардирующих ионов аргона.

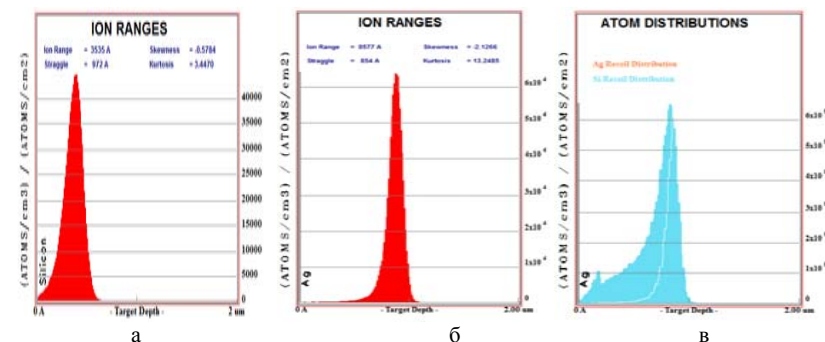


Рис.1: а– профиль распределения ионов аргона в кремнии ($E=40$ кэВ);
 б– профиль распределения ионов аргона в двухкомпонентной системе Ag-Si ($E=100$ кэВ);
 в– профиль распределения атомов отдачи серебра в двухкомпонентной системе Ag-Si ($E=100$ кэВ)

В обрабатываемом слое серебра неоднородно по толщине, в начальный период ионной обработки в приповерхностной области квазипористого кремния происходит накопление атомов отдачи серебра с максимумом распределения концентрации в слое ~ 100 Å, при этом толщина структурированного наночастицами серебра слоя 400-600 Å. Количество внедренных в квазипористый кремний атомов отдачи серебра определяется при фиксированной энергии бомбардирующих частиц только дозой обработки и не зависит от интенсивности потока бомбардирующих ионов аргона.

На рисунке 2 представлена схема кристалла кремния после обработки ускоренными ионами аргона.

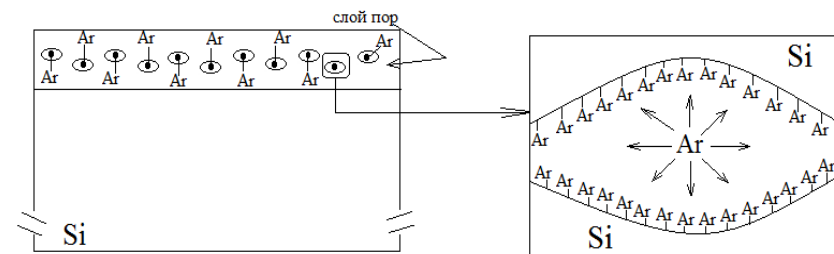


Рис. 2. Схема образования газовых нанопор в насыщенном аргоном поверхностном слое кремния

Глубина, на которой наблюдается образование пор, зависит от энергии ионов и совпадает с проецируемым пробегом ионов R_p . Толщина квазипористого слоя

определяется страгглингом ионов (ΔRp) и увеличивается с увеличением энергии имплантации ионов.

Сканирующий зондовый микроскоп с высоким вертикальным разрешением OLYMPUS SC30 обнаруживает рельеф квазипористой поверхности кремния (рис.3).

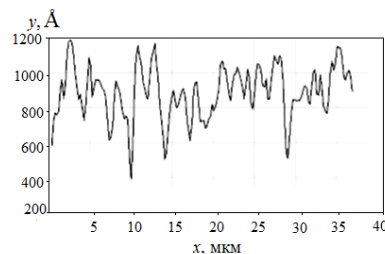


Рис.3. Рельеф квазипористой поверхности кремния, обработанного ионами аргона с энергией 40 кэВ и дозой $2,5 \times 10^{16}$ ион/см²

Геометрический анализ (программа установки NOVA 2000e) экспериментальных зависимостей (рис.3) позволил определить, что площадь в один квадратный микрометр поверхности (мкм²) содержит до 10000 пор, при средней площади поры 0,015 мкм².

Кремниевые пластины со сформированной квазипористой поверхностью обрабатывались через напыленную пленку серебра пучком ионов аргона для генерации атомов отдачи серебра со следующими режимами: энергия $E_2=100$ кэВ, температура облучения $T_{обл}=40 \pm 5$ °С и доза $\Phi=1,6 \times 10^{17}$ ион/см².

Послойное измерение концентрации элементов методом вторичной ионной масс-спектрометрии (ВИМС) на поверхности структуры и, в том числе атомов серебра при прецизионном электрохимическом снятии слоев, показало, что насыщение квазипористого кремния наночастицами серебра происходит до глубины порядка 1000 Å.

При внедрении атомов отдачи серебра, помимо потерь энергии ими на ионизацию атомов кремния происходят межъядерные взаимодействия в квазипористом слое кремниевой мишени, сопровождаемые образованием фононов – квазичастиц энергии, которые приводят к атомным колебаниям, причем, энергия возникновения фононов производится самими атомами мишени.

По данным ВИМС поверхность и приповерхностный слой кремниевых образцов с внедренными атомами отдачи серебра, характеризуются повышением концентрации углерода в 2,4 раза, атомарного кислорода в 2,05 раз, увеличением в 2 раза концентрации атомов аргона и в 131,25 раз концентрации атомов серебра, превышающих число бомбардирующих ионов аргона. Также обнаружены соединения элементов по массе, соответствующих предположительно силициду серебра (Ag₄Si).

Таким образом, подтверждена гипотеза авторов и экспериментально реализован способ изготовления квазипористых слоев кремния для внедрения и локализации в квазипористом слое кремния наночастиц серебра по механизму атомов отдачи после повторной имплантации ионов аргона: энергия $E_2=100$ кэВ, температура образцов $T_{обл}=40 \pm 5$ °С и доза $\Phi=1,6 \times 10^{17}$ ион/см² – через слой напыленного серебра толщиной 50 Å для элементов солнечной электроэнергетики.

Список литературы

1. Амрахова, Э.Ш. Моделирование процесса ионной обработки полупроводниковой структуры ионами инертных газов // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2015. – Т. 13. – С. 1106–1110.
2. Смердов, Р.С. Нанослои на основе функционализированного пористого кремния для новых систем солнечной энергетики /Р.С. Смердов//. Специальный выпуск журнала Физическое образование в вузах. –2019. –Т. 25. – № 52. – С.276-285.
3. Перинский, В.В. Аддитивная имплантация ионов в переходные металлы, полупроводники, диэлектрики тонкопленочных структур: монография / Перинский В.В., Перинская И.В.– Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2022. - 159 с.

Buntakov Danil Vladislavovich, PhD student

Perinsky Vladimir Vladimirovich, Doc. of Tech. Sciences, Professor

Perinskaya Irina Vladimirovna, Cand. of Tech. Sciences, Associate Professor

(e-mail: perinskayaiv@mail.ru), 89173113826

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russia

IONIC STRUCTURING OF POROUS SILICON WITH SILVER NANOPARTICLES FOR SOLAR CELLS

Abstract. In this paper, we propose a method for manufacturing quasi-porous silicon structured with silver nanoparticles based on additive high-energy implantation of monocrystalline silicon sequentially with argon (Ar^+) ions, with the second implantation through a deposited silver layer with sufficient energy to generate recoil atoms

Keywords: argon ions, silver nanoparticles, ionic structuring, quasi-porous silicon.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОЙ РАБОТЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ СТАБИЛИЗАТОРА НАПРЯЖЕНИЯ

Василенко Артём Олегович, студент

(e-mail: joke973@yandex.ru)

Мясоедова Марина Анатольевна, к.т.н., доцент

(e-mail: lady.mysyedova@yandex.ru)

Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова

В данной статье описан способ применения стабилизатора напряжения для безопасной работы электрооборудования, приведены основные виды, характеристики и способ подключения в сеть.

Ключевые слова: напряжение, сеть, стабилизатор, устройство, фаза, нагрузка, характеристика, мощность.

В настоящее время параметры питающей сети на производстве и в быту нельзя назвать хорошими. Каждый потребитель подключает всё больше разно-

образных приборов и оборудования, которое неблагоприятно влияет на питающую сеть. Особенно остро этот вопрос обстоит в сетях, питающих частные участки. Потребители могут подключать электродуговые сварочные аппараты, станки и разные электроинструменты, которые портят качество питающей сети. В результате происходят скачки и просадки напряжения, что негативно влияет на электрические приборы такие как компьютеры, холодильники, водонагреватели и стиральные машины. Для защиты от скачков напряжения применяется стабилизатор напряжения.

Стабилизатор напряжения - устройство, имеющее вход и выход по напряжению, предназначенное для поддержания выходного напряжения в узких пределах, при существенном изменении входного напряжения и выходного тока нагрузки.



Рисунок 1 – стабилизатор напряжения

Конструкция стабилизатора в себя включает:

- Защита выходного напряжения — если напряжение сети значительно отличается от рабочего диапазона стабилизатора, нагрузка отключается. Стабилизатор возобновит работу после того, как напряжение вернется в номинальное значение;
- Защита от превышения тока — отключение произойдет если нагрузка будет больше, чем его мощность стабилизатора;
- Защита от грозовых разрядов;
- Защита от короткого замыкания;
- Тепловая защита от перегрева обмотки трансформатора;
- Вольтметр определяет входное и выходное напряжение;
- Амперметр измеряет ток на выходе, для подробного контроля работы;
- фильтрация сетевых помех.

Стабилизаторы напряжения предназначены для защиты сет от колебаний напряжения. Основными параметрами стабилизатора напряжения является:

- Количество фаз

- Выходная мощность
- Диапазон входных напряжений
- Быстродействие

Для выбора стабилизатора нужно провести диагностику питающей сети, напряжение может быть повышенное или пониженное.

Стабилизаторы могут быть однофазные (220/230 В) или трехфазные (380/400 В). Однофазные стабилизаторы можно принимать как в однофазной, так и трехфазной сети, он при условии, что нагрузка будет однофазная, если нагрузка будет трехфазной, то и стабилизатор должен быть трехфазной.

Выходная мощность стабилизатора выбирается по суммарной потребляемой мощности всего дома, если стабилизатор ставится на всю сеть или по конкретному электроприбору, если необходимо защитить его. Проще всего узнать полную потребляемую мощность измерив токовыми клещами ввод в дом при включении всех электроприборов. По итогам измерений нужно добавить 20%, это позволит создать резерв мощности для дополнительного оборудования и продлить срок службы оборудования.

Чтобы определить входное напряжение для стабилизатора, необходимо измерить напряжение сети в различное время, в течении недели. На основе полученных показаний выбирается стабилизатор, чтобы он включал в себя верхний и нижний пороги величины напряжения. Диапазон изменения входного напряжения может быть $-25\%/+15\%$, $-35\%/+15\%$ или $-45\%/+15\%$. При увеличении диапазона, тем больше габариты и стоимость стабилизатора, при той же мощности.

Важной характеристикой стабилизатора напряжения является быстродействие (скорость его ответа на изменение). Быстродействие характеризуется как промежуток времени, за которое стабилизатор способен изменить выходное напряжение.

Стабилизаторы делятся на:

- электродинамические
 - с электромеханическим сервоприводом регулирующего элемента, например, автотрансформатора
 - феррорезонансные
 - электронные разных типов
1. ступенчатые (силовые электронные ключи, симисторные, тиристорные)
 2. ступенчатые релейные (силовые релейные ключи)
 3. компенсационные (электронные плавные)
 4. комбинированные (гибридные)

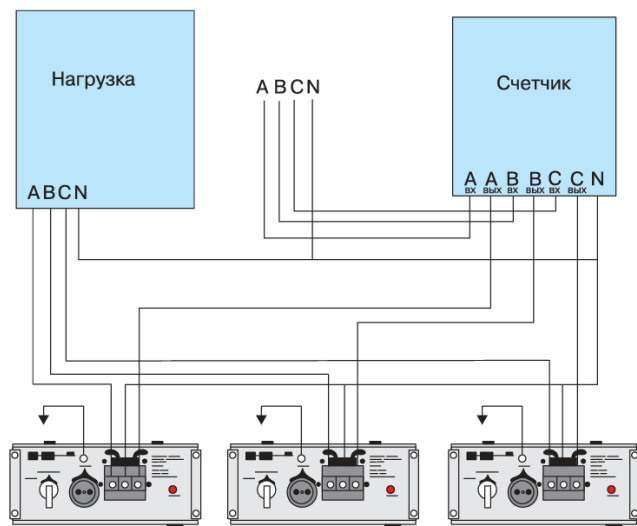


Рисунок 2 – пример схемы подключения стабилизатора напряжения

Таким образом стабилизатор напряжения — это доступный и надежный способ для обеспечения безопасной работы дорогостоящего или точного оборудования в сетях с низким качеством электроэнергии.

Список литературы

1. Новохатский Д.С., Мясоедова М.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ // В сборнике: Электроэнергетика сегодня и завтра. сборник научных статей 3-й Международной научно-технической конференции. Курск, 2024. С. 219-222.
2. Мясоедова М.А., Ароян А.В. К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ // В сборнике: ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА СЕГОДНЯ И ЗАВТРА. сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. Курск, 2023. С. 392-395.
3. Мясоедова М.А., Грецов А.А. К ВОПРОСУ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ // В сборнике: Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2020. С. 90-94. 7
4. Мясоедова М.А. ПУТИ УСТРАНЕНИЯ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ ПРОЦЕССОВ // В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ. В сборнике: Инновации в научно-техническом обеспечении агропромышленного комплекса России. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. 2020. С. 70-74.
5. Мясоедова М.А., Мамонова Л.Г. Проблемы и пути решения электросетевого комплекса // В сборнике: Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса. сборник научных статей Всероссийской научно-технической конференции. Курск, 2023. С. 148-150.
6. Мясоедова М.А., Ароян А.В. Проблемы энергоэффективности на современном этапе // В сборнике: Современные ресурсоэффективные технологии и технические средства в АПК.

Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Ответственный за выпуск С.Н. Петрова. Курск, 2021. С. 5-10.

7. Мамонова, Л. Г. Перспективы развития современной энергетики / Л. Г. Мамонова, М. А. Мясоедова // Молодежь и XXI век - 2022 : Материалы 12-й Международной молодежной научной конференции. В 4-х томах, Курск, 17–18 февраля 2022 года / Отв. редактор М.С. Разумов. Том 4. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 236-238. – EDN ANRDYF.

8. Мамонова, Л. Г. Качество электрической энергии в системах электроснабжения и способы его моделирования / Л. Г. Мамонова, М. А. Мясоедова // Региональный вестник. – 2018. – № 1(10). – С. 8-9. – EDN UQXDFT.

9. Мясоедова, М. А. Актуальные проблемы и перспективы энергосетевого комплекса России / М. А. Мясоедова, Л. Г. Мамонова // Электроэнергетика сегодня и завтра : сборник научных статей Международной научно-технической конференции, Курск, 30 марта 2022 года / Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2022. – С. 124-126. – EDN IJTBRD.

10. Мясоедова, М. А. Приоритетные направления в области энергетики / М. А. Мясоедова, Л. Г. Мамонова // Наука молодых - будущее России : сборник научных статей 6-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых, Курск, 09–10 декабря 2021 года. Том 5. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2021. – С. 269-272. – EDN QNPLCQ.

11. Мясоедова, М. А. Проблемы энергоэффективности на современном этапе / М. А. Мясоедова, А. В. Ароян // Современные ресурсоэффективные технологии и технические средства в АПК : Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Курск, 31 марта 2021 года / Ответственный за выпуск С.Н. Петрова. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, 2021. – С. 5-10. – EDN SRCPEL.

12. Волкова, С. Н. Эффективное управление - новый этап в развитии информационных технологий / С. Н. Волкова, М. А. Мясоедова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – № 3. – С. 22-24. – EDN QBUFEN.

Vasilenko Artem Olegovich, student

(e-mail: joke973@yandex.ru)

Marina Anatolyevna Myasodova, PhD, Associate Professor

(e-mail: lady.mysodova@yandex.ru)

Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov

ENSURING THE SAFE OPERATION OF ELECTRICAL EQUIPMENT USING A VOLTAGE STABILIZER

Abstract: This article describes the method of using a voltage stabilizer for the safe operation of electrical equipment, the main types, characteristics and method of connection to the network.

Keywords: voltage, network, stabilizer, device, phase, load, characteristic, power.

ЦИФРОВИЗАЦИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ КАК ИНСТРУМЕНТ РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЯ

Власова Наталья Васильевна, к.т.н., доцент

(e-mail: Natalya.vlasova.76@list.ru)

Глушков Александр Евгеньевич, студент

(e-mail: alexmeller52@gmail.com)

Маслова Снежана Сергеевна, студент

(e-mail: maslova_snezhana_03@mail.ru)

Иркутский государственный университет путей сообщения,
г. Иркутск, Россия

В данной статье рассматривается влияние цифровизации на железнодорожные грузоперевозки как инструмента ресурсосбережения, проводится анализ современных цифровых технологий, таких как блокчейн, Интернет вещей (IoT), искусственный интеллект (ИИ), облачные платформы и их роль в повышении эффективности логистических процессов. Также рассмотрены основные вызовы цифровизации и ее перспективы в дальнейшем развитии цифровых технологий.

Ключевые слова: транспорт, железнодорожный транспорт, цифровизация, грузоперевозки на железнодорожном транспорте, цифровая трансформация.

Железнодорожный транспорт является одним из важнейших элементов экономической системы, обеспечивая перевозку крупных грузопотоков по всей стране. Благодаря высокой грузоподъемности, экономичности и экологичности железные дороги остаются ключевым звеном логистических цепочек. Развитие отрасли напрямую влияет на снижение издержек, повышение конкурентоспособности и улучшение транспортной доступности регионов [1].

Цифровизация решает ряд проблем традиционных методов, таких как бюрократия, зависимость от человеческого фактора и сложность координации. Внедрение цифровых технологий автоматизируют логистические процессы, позволяют сократить время обработки грузов.

Исторически сложилось так, что железнодорожные перевозки зависели от ручного труда и бумажного документооборота. Составление расписания, контроль за движением поездов, а также управление грузопотоками – все это требовало значительных человеческих ресурсов и времени. Первые попытки автоматизации начались с внедрения компьютерных программ и электронного документооборота, но настоящий прорыв произошел с развитием Интернета.

Сегодня цифровизация, как инструмент ресурсосбережения, охватывает многие аспекты железнодорожной логистики, включая мониторинг грузов, обслуживание подвижного состава, управление ресурсами и автоматическое планирование маршрутов в режиме реального времени:

- Электронный документооборот и блокчейн. Автоматизация оформления документов позволяет снизить бюрократическую нагрузку, минимизировать риск ошибок, ускорить обработку грузов.

- Системы отслеживания и Интернет вещей (IoT). Сокращает затраты на грузоперевозки, минимизирует влияние человеческого фактора, оптимизирует расписание, обеспечивает умное управление парком, осуществляет мониторинг заполняемости грузовых вагонов, что снижает потребность в производственных ресурсах.

- Автоматизация маршрутизации и управления. Искусственный интеллект способен анализировать огромные объемы данных, при этом учитывать загруженность железнодорожных путей, погодные условия и расписание поездов. Это способствует оптимизации маршрутов, сокращению задержек, что в свою очередь способствует снижению потребления энергии и топливных расходов, а также повышению эффективной эксплуатации подвижного состава.

- Облачные платформы и большие данные. В облачных системах хранятся данные о состоянии инфраструктуры и движении грузов, что обеспечивает доступ к информации из любой точки мира. Анализ таких данных позволяет управлять ресурсами, выявлять узкие места в логистике, а также прогнозировать спрос.

Несмотря на очевидные преимущества цифровизации, процесс ее внедрения сталкивается с рядом препятствий [2, 4]:

- Технические ограничения. Не вся железнодорожная инфраструктура адаптирована для работы с цифровыми технологиями. Например, старые вагоны и локомотивы могут не поддерживать установку IoT-устройств, а некоторые диспетчерские системы не всегда совместимы с современными платформами управления.

- Финансовые затраты. Внедрение цифровых технологий требует значительных инвестиций в программное обеспечение, оборудование, сюда же входит и обучение персонала.

- Кибербезопасность. Внедрение цифровизации сопровождается рисками кибератак. Для предотвращения возможных утечек конфиденциальной информации необходимо разработать надежные системы защиты.

Тем не менее, цифровая трансформация железнодорожной логистики продолжает набирать обороты и в ближайшие годы ожидается активное развитие следующих направлений:

- Автономные поезда. Использование искусственного интеллекта в автоматическом управлении поездами позволит сократить влияние человеческого фактора, повысить безопасность, а также снизить эксплуатационные расходы. Беспилотные поезда смогут самостоятельно определять оптимальные маршруты и скорость движения на участках.

- Глубокая интеграция блокчейна. Это обеспечит безопасный обмен данными между всеми участниками логистических цепочек, исключая возможность потери информации.

- Развитие цифровых железнодорожных станций [3, 5]. Современные логистические терминалы позволят повысить безопасность выполнения станционных процессов за счет автоматического контроля и электронного документо-

оборота, перейти от автоматизированного к автоматическому управлению железнодорожной станцией.

Таким образом, современные технологии позволяют значительно повысить как скорость, так и надежность перевозок, а также минимизировать ресурсные затраты. Однако внедрение цифровых технологий требует преодоления ряда вызовов, таких как модернизация инфраструктуры, большие инвестиции в развитие программного обеспечения, повышение кибербезопасности.

Список литературы

1. Маслова, С. С. Железнодорожные грузовые перевозки: вызовы и возможности в условиях санкций / С. С. Маслова, А. Е. Глушков, О. И. Крушинская // Экономический рост как основа устойчивого развития России : сборник научных статей участников 8-й Всероссийской научно-практической конференции, Курск, 04–05 декабря 2024 года. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2024. – С. 22-25. – EDN YBGFII.
2. Маслова, С. С. Управление рисками в сфере логистических контейнерных перевозок на железнодорожном транспорте / С. С. Маслова, А. Е. Глушков, Н. В. Власова // Экономический рост как основа устойчивого развития России : сборник научных статей участников 8-й Всероссийской научно-практической конференции, Курск, 04–05 декабря 2024 года. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2024. – С. 19-21. – EDN OMNNZF.
3. Соколов, П. А. Внедрение цифровых систем и технологий на железнодорожной станции для повышения эффективности её работы / П. А. Соколов, П. А. Соколов, К. Н. Трунева // Дневник науки. – 2024. – № 7(91). – EDN BHUVMQ.
4. Власова Н.В., Оленцев В.А. Цифровизация как основное стратегическое направление для достижения устойчивой конкурентной позиции ОАО "РЖД" на транспортном рынке // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2023. № 1 (77). С. 127-135.
5. Старожилова А.В., Смолковская Е.А., Власова Н.В. Внедрение цифровых платформ документооборота для автоматизации процессов грузоперевозок железнодорожным транспортом // в сборнике: Автомобилестроение: проектирование, конструирование, расчет и технологии ремонта и производства. Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции. Ижевск, 2023. С. 569-573.

Vlasova Natalia Vasilyevna, Cand.Tech.Sci., associate professor
(e-mail: Natalya.vlasova.76@list.ru)

Irkutsk State University of Railway Engineering, Irkutsk, Russia

Glushkov Alexander Evgenievich, student
(e-mail: alexmeller52@gmail.com)

Irkutsk State University of Railway Engineering, Irkutsk, Russia

Maslova Snezhana Sergeevna, student
(e-mail: maslova_snezhana_03@mail.ru)

Irkutsk State University of Railway Engineering, Irkutsk, Russia

DIGITALIZATION IN RAILWAY TRANSPORT AS A RESOURCE-SAVING TOOL

Abstract. This article examines the impact of digitalization on rail freight transportation as a resource-saving tool, analyzes modern digital technologies such as blockchain, the Internet of Things (IoT), artificial intelligence (AI), cloud platforms and their role in improving the efficiency of logistics processes. The main challenges of digitalization and its prospects in the further development of digital technologies are also considered.

Keywords: transport, railway transport, digitalization, freight transportation in railway transport, digital transformation.

СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ ТИТАНА И ТИТАНОВЫХ ПОРОШКОВ

Воропаев Андрей Евгеньевич, аспирант

(a.stolnyy@yandex.ru)

Лукин Дмитрий Александрович, студент

(dima.lukin.0505@mail.ru)

Белоусов Николай Иванович, к.т.н., доцент,

(belnikiva@mail.ru)

Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова

Статья посвящена разработке высокопрочных и долговечных материалов для агропромышленного комплекса. Рассмотрены свойства и применение титана и титановых порошков.

Ключевые слова: титан, титановые порошки, промышленность, производство.

Восстановление изношенных рабочих органов сельскохозяйственных машин, а так же упрочнение новых, является одной из важных задач агропромышленного комплекса. Снижение почвенной кислотности чернозёмных почв, при внесении извести и известковых удобрений оказывает благоприятную роль на рост и развитие сельскохозяйственных растений. При внесении известковых удобрений применяются машины с обоснованными параметрами [1-5]. Физико-механические свойства материала оказывают существенное влияние на показатели технических средств [6]. Внесение известковых, органических удобрений благотворно влияет на плодородие почв [7,8].

Авторы работ [9,10] предлагают устройства для ремонта транспортных и технических средств.

В условиях постоянного износа деталей сельскохозяйственной техники, а также воздействия агрессивной среды, возрастает необходимость в использовании специализированных материалов, способных выдерживать значительные механические нагрузки и обладать повышенной устойчивостью к коррозии. Среди таких материалов особое место занимают титан и титановые порошки.

Титан (Ti) - это переходный металл, известный своими исключительными механическими свойствами, стойкостью к коррозии и биосовместимостью. Его уникальные характеристики сделали его незаменимым в таких отраслях, как авиационная, автомобильная и медицинская. Титановый порошок, важная форма этого металла, привлек к себе значительное внимание благодаря своей роли в аддитивном производстве и порошковой металлургии. В данной статье рассмотрим свойства титана и титановых порошков, их применение и направления будущих исследований, подчеркивая их растущее значение в передовых производственных технологиях.

Титан, открыт в 1791 году Уильямом Грегором, является девятым по распространенности элементом в земной коре. Несмотря на его изобилие, добыча его и переработка сложны и дорогостоящи.

Титан обладает уникальным сочетанием физических, химических и механических свойств, которые отличают его от других металлов. Титановые сплавы, такие как Ti-6Al-4V, обладают высокой прочностью на растяжение (до 1200 МПа) и усталостной стойкостью. Эти свойства имеют решающее значение для применения в аэрокосмической промышленности и биомедицинских имплантатах. Титан является биосовместимым, что означает, что при имплантации в организм человека он не вызывает неблагоприятных иммунных реакций. Это свойство сделало его предпочтительным материалом для зубных имплантатов, эндопротезирования суставов и других медицинских изделий.

Титановый порошок представляет собой мелкодисперсную форму титана, обычно получаемую с помощью таких процессов, как газовое распыление, плазменное распыление и гидро-дегидридный метод (HDH). Каждый метод влияет на размер частиц, морфологию и частоту порошка.

Газовое распыление заключается в плавлении титана и последующем его измельчении на мелкие капли с помощью потока газа под высоким давлением. Этот метод позволяет получать сферические частицы с отличной текучестью, идеально подходящие для аддитивного производства.

При плазменном распылении титан распыляется в плазменной горелке, в результате чего получаются сферические порошки высокой чистоты с равномерным распределением частиц по размерам.

Эффективность титанового порошка в производственных процессах зависит от таких факторов, как размер частиц, форма и чистота. Сферические порошки с узким распределением по размерам являются предпочтительными для аддитивного производства, в то время как порошки неправильной формы подходят для обычной порошковой металлургии.

Применение титана и титановой пудры, наряду с уникальными свойствами титана и его порошкообразной формы позволяет использовать его в разных областях народного хозяйства.

В автомобильной промышленности титан и его сплавы используются для снижения веса транспортных средств и повышения топливной экономичности. Титановый порошок используется в порошковой металлургии для изготовления высокопроизводительных компонентов двигателей и выхлопных систем.

Добыча и переработка титана являются энергоёмкими и дорогостоящими процессами. Продолжаются исследования по разработке экономически эффективных методов, таких как производство за счет использования электролиза.

Хотя титановый порошок широко используется в аддитивном производстве, необходимо решать такие проблемы, как загрязнение порошком, остаточные напряжения и ограниченные размеры изделий. Ожидается, что достижения в области производства порошков и современных технологий позволят преодолеть эти ограничения. Титановая промышленность изучает устойчивые методы экологического производства, включая переработку титанового лома и разработку экологически чистых методов производства.

Титан и титановый порошок являются важнейшими материалами в современной промышленности, обладающими непревзойдёнными свойствами, кото-

рые позволяют использовать их в сложных условиях. Несмотря на то, что такие проблемы, как высокая стоимость и производственные ограничения, сохраняются, постоянные исследования и технологические достижения открывают путь для более широкого внедрения. По мере дальнейшего развития производства, в порошковой металлургии титан будет играть все большую роль в формировании будущего передового производства и технологий, а так же как средство применяемое для восстановления и упрочнения рабочих органов сельскохозяйственных машин [11].

Список литературы

1. Белоусов, Н. И. Влияние неравномерности внесения извести от частоты вращения рабочего органа машины / Н. И. Белоусов, Ю. А. Гуреев, А. А. Смецкой // Современные проблемы и направления развития агроинженерии в России : сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции, Курск, 28 октября 2022 года. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, 2022. – С. 35-37.
2. Колесников, В. В. Анализ конструкций рабочих органов разбрасывателей химических мелиорантов / В. В. Колесников, Н. Ю. Крупенин, Н. И. Белоусов // Роль аграрной науки в устойчивом развитии АПК : Материалы III Международной научно-практической конференции, посвященной 72-летию Курской ГСХА, Курск, 15 мая 2023 года. Том Часть 2. – Курск: Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова, 2023. – С. 17-22.
3. Воропаев, В. Н. классификация машин для внесения химических мелиорантов / В. Н. Воропаев, В. Е. Желудев, Н. И. Белоусов // Проблемы развития современного общества : Сборник научных статей 9-й Всероссийской национальной научно-практической конференции. В 3-х томах, Курск, 23–24 января 2024 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2024. – С. 403-405.
4. Поддубный, Е. В. Обоснование параметров кузова разбрасывателя химических мелиорантов / Е. В. Поддубный, Н. И. Белоусов // Агропромышленный комплекс: контуры будущего : Материалы IX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Курск, 06–08 декабря 2017 года. Том Часть 2. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия им. профессора И.И. Иванова, 2018. – С. 283-285.
5. Бендусов, А. А. Совершенствование процесса внесения химических мелиорантов / А. А. Бендусов, А. П. Бабков, Н. И. Белоусов // Инновационные решения для АПК, Рязань, 16 февраля 2023 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» совет молодых учёных ФГБОУ ВО РГАТУ совет молодых учёных и специалистов Рязанской области. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2023. – С. 58-63.
6. Исследование физико-механических свойств соломы / В. А. Кончин, А. П. Бабков, М. О. Зубарева, А. Е. Кузько // Физика и современные технологии в АПК : материалы XI Всероссийской молодежной конференции молодых ученых, студентов и школьников с международным участием, Орел, 19 февраля 2020 года. – Орел: ООО Полиграфическая фирма «Картуш», 2020. – С. 454-457.
7. Кожевников, М. С. Обоснование оптимальных параметров кузова машины для внесения органических удобрений / М. С. Кожевников, В. А. Сальков, Ю. А. Гуреев // Проблемы развития современного общества : Сборник научных статей 9-й Всероссийской национальной научно-практической конференции. В 3-х томах, Курск, 23–24 января 2024 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2024. – С. 547-551.
8. Михайлов, А. С. К вопросу оптимального выбора средств внесения твёрдых органических удобрений / А. С. Михайлов, Ю. А. Гуреев // Современные проблемы и направления

развития агроинженерии в России : сборник научных статей Международной научно-технической конференции, Курск, 30 октября 2021 года. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, 2021. – С. 68-72.

9. Блинков, Б. С. К разработке приспособления для ремонта поршневой группы / Б. С. Блинков, Н. В. Коняев, А. П. Бабков // Современные проблемы и направления развития агроинженерии в России : сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции, Курск, 28 октября 2022 года. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, 2022. – С. 42-45.

10. Прыгунов, М. И. Приспособление для снятия и установки мотовила зерноуборочного комбайна / М. И. Прыгунов, Е. Ю. Шеверева, С. И. Мелешков // Актуальные проблемы инженерно-технического обеспечения АПК : материалы Международной научно-практической конференции, Курск, 23–25 января 2013 года. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия им. профессора И.И. Иванова, 2013. – С. 72-73.

11. Кончин, В. А. К вопросу о промышленных наплавочных материалах, успешно применяемых при реновации деталей сельскохозяйственной техники / В. А. Кончин, Е. В. Агеев // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2023) : сборник научных статей 15-й Международной научно-технической конференции, Курск, 17 ноября 2023 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2023. – С. 104-108.

Voropaev Andrey Evgenievich, PhD student (a.stolnii@yandex.ru)

Dmitry Alexandrovich Lukin, student (dima.lukin.0505@mail.ru)

Nikolay Ivanovich Belousov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,

Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov

PROPERTIES AND APPLICATION OF TITANIUM AND TITANIUM POWDERS

The article is devoted to the development of high-strength and durable materials for the agro-industrial complex. The properties and applications of titanium and titanium powders are considered.

Keywords: *titanium, titanium powders, industry, production.*

ПРИМЕНЕНИЕ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

Воропаев Андрей Евгеньевич, аспирант
(a.stolnii@yandex.ru)

Лукин Дмитрий Александрович, студент
(dima.lukin.0505@mail.ru)

Белоусов Николай Иванович, к.т.н., доцент
(belnikiva@mail.ru)

Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова

Статья посвящена разработке высокопрочных и долговечных материалов для агропромышленного комплекса. Рассмотрены свойства и применение титановых сплавов.

Ключевые слова: *титановые сплавы, прочность, долговечность, износостойкость.*

В решении приоритетных задач агропромышленного комплекса, является современное развитие материаловедения, направленное на разработку высокопрочных, долговечных и экономически эффективных материалов. Снижение почвенной кислотности чернозёмных почв, при внесении извести и известко-

вых удобрений оказывает благоприятную роль на рост и развитие сельскохозяйственных растений. При внесении известковых удобрений применяются машины с обоснованными параметрами [1-5]. Физико-механические свойства материала оказывают существенное влияние на показатели технических средств [6-8]. Внесение органических удобрений благотворно влияет на плодородие почв [9,10].

Авторы работ [11-13] предлагают устройства для ремонта транспортных средств в сельском хозяйстве.

В условиях постоянного износа деталей сельскохозяйственной техники, а также воздействия агрессивной среды, возрастает необходимость в использовании специализированных материалов, способных выдерживать значительные механические нагрузки и обладать повышенной устойчивостью к коррозии. Среди таких материалов особое место занимают титановые сплавы, отличающиеся сочетанием механических и эксплуатационных характеристик.

Сплавы из титана применяются в сферах человеческой деятельности из-за своих характеристик: легкости, прочности, а также стойкости к коррозии и износу. Эти качества делают титановые сплавы особенно привлекательными для сельского хозяйства, где они используются для ремонта почвообрабатывающих рабочих органов, деталей и узлов.

Приведём основные марки сплавов титановых:

- Ti-6Al-4V: данный титановый сплав обладает хорошей пластичностью и высокой прочностью. Применяется для производства деталей, работающих под высокими нагрузками.

- Ti-3Al-2.5V: Сплав, обладающий улучшенной свариваемостью и меньшей массой, что делает его подходящим для легких конструкций.

- Ti-0.2Pd: Сплав с повышенной коррозионной стойкостью, идеально подходящий для использования в агрессивных условиях.

Применение титановых сплавов в сельскохозяйственном оборудовании значительно увеличивает производительность и снижает эксплуатационные затраты. Высокая цена титана оправдывается снижением продления срока службы агрегатов и уменьшением расходов на ремонт и замену деталей.

В сельском хозяйстве восстановление и усовершенствование техники является важными целями. Одним из потенциальных направлений считается использование сплавов титана для восстановления и производства сельскохозяйственных орудий. Эти сплавы обладают множеством преимуществ, которые делают их привлекательными для аграрного сектора: высокая прочность и износостойкость позволяют им выдерживать значительные нагрузки и сохранять свои характеристики на протяжении длительного времени.

Сплавы из титана обладают пониженной плотностью, что позволяет изготавливать детали с меньшим весом. Устройства с меньшим весом, позволяет использовать их более удобно. Так же меньший вес сельскохозяйственных орудий и почвообрабатывающих органов позволяет повысить их манёвренность, снизить расход топлива, а следовательно сэкономить денежные средства. Благодаря высоким коррозионным свойствам рабочие органы из титановых сплавов и

их порошков, меньше подвержены воздействию неблагоприятных факторов окружающей и обрабатываемой среды, таких как повышенная влажность и химические вещества вызывающие и усиливающие коррозию. Это свойство с точки зрения экологии, делает рабочие органы сельскохозяйственных машин более безопасными, которые могут контактировать, как с продуктами питания для человека, так и для сельскохозяйственных животных.

Наряду с меньшим весом, высокими коррозионными свойствами сплавы из титана, обладают высокой прочностью. Данный показатель позволяет повысить надёжность, долговечность и срок службы рабочих органов почвообрабатывающих и сельскохозяйственных машин.

Применение сплавов из титана, порошков на их основе позволяет использовать их как средство для восстановления от износа, как изношенных рабочих органов, так и упрочнения новых [14].

Список литературы

1. Белоусов, Н. И. Влияние неравномерности внесения извести от частоты вращения рабочего органа машины / Н. И. Белоусов, Ю. А. Гуреев, А. А. Смецкой // Современные проблемы и направления развития агроинженерии в России : сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции, Курск, 28 октября 2022 года. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, 2022. – С. 35-37.
2. Колесников, В. В. Анализ конструкций рабочих органов разбрасывателей химических мелиорантов / В. В. Колесников, Н. Ю. Крупенин, Н. И. Белоусов // Роль аграрной науки в устойчивом развитии АПК : Материалы III Международной научно-практической конференции, посвященной 72-летию Курской ГСХА, Курск, 15 мая 2023 года. Том Часть 2. – Курск: Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова, 2023. – С. 17-22.
3. Воропаев, В. Н. классификация машин для внесения химических мелиорантов / В. Н. Воропаев, В. Е. Желудев, Н. И. Белоусов // Проблемы развития современного общества : Сборник научных статей 9-й Всероссийской национальной научно-практической конференции. В 3-х томах, Курск, 23–24 января 2024 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2024. – С. 403-405.
4. Поддубный, Е. В. Обоснование параметров кузова разбрасывателя химических мелиорантов / Е. В. Поддубный, Н. И. Белоусов // Агропромышленный комплекс: контуры будущего : Материалы IX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Курск, 06–08 декабря 2017 года. Том Часть 2. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия им. профессора И.И. Иванова, 2018. – С. 283-285.
5. Бендусов, А. А. Совершенствование процесса внесения химических мелиорантов / А. А. Бендусов, А. П. Бабков, Н. И. Белоусов // Инновационные решения для АПК, Рязань, 16 февраля 2023 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» совет молодых учёных ФГБОУ ВО РГАТУ совет молодых учёных и специалистов Рязанской области. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2023. – С. 58-63.
6. Исследование физико-механических свойств соломы / В. А. Кончин, А. П. Бабков, М. О. Зубарева, А. Е. Кузько // Физика и современные технологии в АПК : материалы XI Всероссийской молодежной конференции молодых ученых, студентов и школьников с международным участием, Орел, 19 февраля 2020 года. – Орел: ООО Полиграфическая фирма «Картуш», 2020. – С. 454-457.

7. Белоусов, Н. И. Исследование влияния угла естественного откоса от влажности извести / Н. И. Белоусов, М. И. Шор, А. А. Смецкой // Современные проблемы и направления развития агроинженерии в России : сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции, Курск, 28 октября 2022 года. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, 2022. – С. 32-34.
8. Шукруллаев, А. А. Зависимость липкости химических мелиорантов от их влажности / А. А. Шукруллаев, Д. Н. Целиков, Н. И. Белоусов // Инновации в научно-техническом обеспечении агропромышленного комплекса России : Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Курск, 06 февраля 2020 года. Том Часть 3. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия им. профессора И.И. Иванова, 2020. – С. 74-77.
9. Кожевников, М. С. Обоснование оптимальных параметров кузова машины для внесения органических удобрений / М. С. Кожевников, В. А. Сальков, Ю. А. Гуреев // Проблемы развития современного общества : Сборник научных статей 9-й Всероссийской национальной научно-практической конференции. В 3-х томах, Курск, 23–24 января 2024 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2024. – С. 547-551.
10. Михайлов, А. С. К вопросу оптимального выбора средств внесения твёрдых органических удобрений / А. С. Михайлов, Ю. А. Гуреев // Современные проблемы и направления развития агроинженерии в России : сборник научных статей Международной научно-технической конференции, Курск, 30 октября 2021 года. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, 2021. – С. 68-72.
11. Блинков, Б. С. К разработке приспособления для ремонта поршневой группы / Б. С. Блинков, Н. В. Коняев, А. П. Бабков // Современные проблемы и направления развития агроинженерии в России : сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции, Курск, 28 октября 2022 года. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, 2022. – С. 42-45.
12. Прыгунов, М. И. Приспособление для снятия и установки мотвила зерноуборочного комбайна / М. И. Прыгунов, Е. Ю. Шевяков, С. И. Мелешков // Актуальные проблемы инженерно-технического обеспечения АПК : материалы Международной научно-практической конференции, Курск, 23–25 января 2013 года. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия им. профессора И.И. Иванова, 2013. – С. 72-73.
13. Мелешков, С. И. Совершенствование конструкции культиватора / С. И. Мелешков, С. С. Тюленев // Современные ресурсоэффективные технологии и технические средства в АПК : Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Курск, 31 марта 2021 года / Ответственный за выпуск С.Н. Петрова. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, 2021. – С. 77-79.
14. Кончин, В. А. К вопросу о промышленных наплавочных материалах, успешно применяемых при реновации деталей сельскохозяйственной техники / В. А. Кончин, Е. В. Агеев // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2023) : сборник научных статей 15-й Международной научно-технической конференции, Курск, 17 ноября 2023 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2023. – С. 104-108.

Voropaev Andrey Evgenievich, PhD student (a.stolnii@yandex.ru)

Dmitry Alexandrovich Lukin, student (dima.lukin.0505@mail.ru)

Nikolay Ivanovich Belousov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov

APPLICATION OF TITANIUM ALLOYS

The article is devoted to the development of high-strength and durable materials for the agro-industrial complex. The properties and applications of titanium alloys are considered.

Keywords: *titanium alloys, strength, durability, wear resistance.*

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ СЕКТОРЕ РОССИИ

Галигузов Владислав Игоревич, студент

Научный руководитель –

Старых Светлана Алексеевна, к.э.н., доцент

(e-mail: guimo-swsu@yandex.ru)

Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Россия

В статье рассматриваются перспективы применения беспилотных летательных аппаратов для решения задач энергетического сектора России. Анализируются ключевые направления применения технологий, включая мониторинг инфраструктуры, диагностику оборудования и ликвидацию аварий. Определены и охарактеризованы особенности энергетической системы России, которые обуславливают необходимость внедрения БПЛА. Особое внимание уделено интеграции специалистов, получивших навыки управления БПЛА в ходе специальной военной операции, в энергетическую отрасль через кадровые программы.

Ключевые слова: БПЛА, энергетический сектор, цифровизация, инфраструктура, кадровые программы.

Внедрение беспилотных летательных аппаратов в энергетический сектор обусловлено их уникальными эксплуатационными характеристиками, которые превосходят традиционные методы мониторинга и обслуживания с участием человеческого труда. Современные энергетические системы, включая объекты генерации, транспортировки и распределения энергии, требуют регулярного контроля для минимизации аварийных рисков и оптимизации затрат.

В данном контексте БПЛА демонстрируют значительные преимущества, связанные с безопасностью, экономической эффективностью и технологической точностью [1].

Безопасность является ключевым фактором, стимулирующим замену ручного труда автоматизированными решениями. Инспекция высоковольтных линий электропередачи, ветротурбин на высоте свыше 100 метров или нефтепроводов в зонах потенциальных химических утечек сопряжена с повышенным риском для жизни персонала. БПЛА позволяют исключить необходимость работы людей в опасных условиях, включая экстремальные температуры, зоны радиационного загрязнения или территории, пострадавшие от стихийных бедствий. Например, после ураганов наземные бригады тратят до 48 часов на оценку повреждений ЛЭП, тогда как БПЛА выполняют аналогичную задачу за 1–2 часа, снижая риски для сотрудников [2].

Экономическая эффективность внедрения БПЛА подтверждается сокращением операционных расходов. По данным интегратора беспилотных промышленных решений Aeromotus, автоматизация инспекций позволяет снизить расходы энергокомпаний на 30-50% [3].

Технологическое превосходство БПЛА проявляется в использовании специализированного оборудования, такого как камеры высокого разрешения, тепловизоры, газоанализаторы и лидары. Эти инструменты обеспечивают фиксацию микродефектов, включая трещины в турбинах размером 0,1 мм или утечки метана с концентрацией 0,001%, что недоступно при визуальном осмотре. Интеграция искусственного интеллекта позволяет автоматизировать обработку данных: алгоритмы, обученные на нейросетевых моделях, идентифицируют коррозию, износ изоляторов или перегрев компонентов в режиме реального времени [4].

Исходя из преимуществ, предоставляемых технологиями беспилотных летательных систем, наиболее оптимальными вариантами их применения в энергетическом секторе России выступают мониторинг и диагностика энергооборудования, проектирование размещения объектов энергетической инфраструктуры, а также работа в условиях аварийных ситуаций.

Беспилотные летательные аппараты являются высокоэффективным инструментом для мониторинга и диагностики энергетической инфраструктуры. Тепловизионная съемка позволяет обнаружить утечки тепла в сетях теплоснабжения и «слабые места» на подстанциях, где оборудование работает на пределе нагрузок. На лопастях ветрогенераторов БПЛА с ультразвуковыми датчиками способны выявлять микротрещины, невидимые для человеческого глаза, а мультиспектральные камеры на солнечных панелях – участки загрязнения или деградации фотоэлементов.

Вместе с тем, возможность оценки местности с высоты птичьего полета играет ключевую роль на этапе проектирования новых энергообъектов. С помощью аэрофотосъемки и 3D-картографирования дроны способны собирать данные о рельефе, растительности, гидрографии и инфраструктуре, что критически важно для выбора оптимальных мест размещения ЛЭП, ветропарков или солнечных электростанций. Например, при проектировании ветряных электростанций БПЛА помогают определить зоны с максимальной ветровой нагрузкой, избежав участков с турбулентностью из-за горного рельефа. В Арктике, где строительство энергообъектов осложнено вечной мерзлотой и отсутствием дорог, дроны с радиолокационными датчиками анализируют состояние грунта и прогнозируют его деформации, что позволяет минимизировать риски просадки опор ЛЭП или газопроводов.

В дополнение к ранее изложенному, БПЛА могут выступить средством первого реагирования при авариях в энергетике. Дроны способны самыми первыми прибыть на место происшествия, даже если оно находится в горной или заболоченной местности провести первичный анализ повреждений и рисков, а затем осуществлять поддержку ремонтных бригад, оперативно доставляя ремонтное оборудование.

Следует отметить, что применение беспилотных летательных аппаратов для решения поставленных задач в условиях энергетического сектора России неминуемо столкнется с рядом сложностей, обусловленных географическими и кли-

матическими факторами, износом инфраструктуры, а также дефицитом кадров в удаленных регионах.

Географическая масштабность российской энергетики является одним из главных факторов, определяющих необходимость использования БПЛА. Около 70% энергообъектов, включая ЛЭП, нефтегазовые трубопроводы и подстанции, расположены в труднодоступных регионах Сибири, Дальнего Востока и Арктики. Климатическая экстремальность усугубляет сложности эксплуатации энергообъектов. Специализированные БПЛА, такие как российский «Орлан-10», разработанный для работы на дальние расстояния в экстремальных условиях, оснащаются антиобледенительными системами, усиленными аккумуляторами и защищенной электроникой. Их применение позволяет проводить инспекции в любое время года, включая периоды метелей или аномальной жары, что особенно актуально для Арктики, где 80% аварий на трубопроводах происходят из-за коррозии, усугубляемой низкими температурами.

Износ энергетической инфраструктуры по различным оценкам составляет от 30 до 50%. Такое состояние требует постоянного мониторинга состояния аппаратных узлов энергетической системы, что в сочетании с климатогеографическими факторами может быть эффективно решено только с применением технологий мониторинга и диагностики с БПЛА [5].

Дефицит кадров в удаленных регионах делает БПЛА единственным рентабельным решением для поддержания работоспособности энергосистемы. В районах, где плотность персонала составляет менее 100 сотрудников на 10 тыс. км² сетей, даже плановый осмотр ЛЭП становится труднореализуемой задачей. БПЛА с функцией автоматического патрулирования, управляемые операторами из центральных диспетчерских пунктов, позволяют проводить мониторинг без постоянного присутствия человека на месте. Важным ресурсом для восполнения кадрового дефицита могут стать специалисты, получившие опыт управления БПЛА в ходе специальной военной операции. Их навыки принятия решений в стрессовых ситуациях уникальны, но требуют адаптации к гражданским стандартам, таким как ГОСТ Р 58854-2020 для аэрофотосъемки. Для интеграции этих специалистов необходимы системные меры: курсы переподготовки на базе корпоративных университетов, например, таких компаний как «Росатом», «Россети», «Газпром», квотирование мест в энергокомпаниях, а также создание мобильных бригад для работы в труднодоступных районах Арктике и на Дальнем Востоке. Решающую роль может сыграть государственная поддержка в виде субсидий для предприятий, внедряющих БПЛА с привлечением ветеранов.

Таким образом, применение беспилотных технологий в энергетике России – это не только ответ на текущие вызовы, но и шаг к созданию устойчивой, безопасной и цифровой отрасли. Реализация этого потенциала требует совместных усилий государства, бизнеса и научного сообщества, а также учета уникального опыта специалистов, прошедших СВО.

Список литературы

1. Беляев П. В., Головский А. П., Садаев Д. С. Перспективы применения беспилотных летательных аппаратов при контроле и диагностике объектов энергетики // ОмГТУ. 2019. №2. –

URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-primeneniya-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-pri-kontrol-e-i-diagnostike-obektov-energetiki/>. – Текст : электронный.

2. Воеводина О. Е., Мартко Е. О. МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ // Вестник науки. 2024. №12 (81). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/monitoring-sostoyaniya-linij-elektroperedach-ispolzovanie-bespilotnyh-tehnologiy-dlya-obespecheniya-bezop-asnosti-i-nadyozhnosti/>. – Текст : электронный.

3. Aeromotus. Проведение инспекций с помощью беспилотников DJI : сайт. – URL: <https://aeromotus.ru/conducting-inspections-using-dji-drones/>. – Текст : электронный.

4. Галата К. О., Никонов Н. Г., Чашкин А. И. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ И СРЕДСТВ КОМПЛЕКСОВ С БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ (БПЛА) // Научный лидер. 2025. №4 (205). – URL: <https://scilead.ru/article/7920-perspektivi-razvitiya-sistem-i-sredstv-komple/>. – Текст : электронный.

5. Системный оператор Единой энергетической системы. Деятельность : сайт. – URL: <https://www.so-ops.ru/functioning/ups/ups2025/>. – Текст : электронный.

6. Старых, С. А. Анализ влияния коронавирусного кризиса на экономику России / С. А. Старых, И. Г. Перепелкин // Регион: системы, экономика, управление. – 2021. – № 4(55). – С. 192-196. – DOI 10.22394/1997-4469-2021-55-4-192-196. – EDN AJPZEQ.

7. Старых, С. А. Обеспечение экономического роста Российской Федерации в современных условиях / С. А. Старых, И. Г. Перепелкин, А. В. Зеньковская // Регион: системы, экономика, управление. – 2021. – № 4(55). – С. 31-37. – DOI 10.22394/1997-4469-2021-55-4-31-37. – EDN JFATZC.

8. Солодихина, О. И. Особенности совершения таможенных операций при осуществлении электронного декларирования товаров и транспортных средств / О. И. Солодихина, С. А. Старых // Эффективные механизмы управления / Под общей редакцией Г. Ю. Гуляева. – Пенза : "Наука и Просвещение" (ИП Гуляев Г.Ю.), 2017. – С. 208-218. – EDN ZGTHWP.

9. Обеспечение экономической безопасности государства в условиях цифровизации общественных отношений: теоретико-методологические аспекты / А. А. Головин, В. В. Коварда, В. М. Кузьмина [и др.]. – Курск : Индивидуальный предприниматель Бескровный Александр Васильевич, 2020. – 165 с. – ISBN 978-5-907167-93-3. – EDN EUYWS.

10. Старых, С. А. УРИК как интегральный показатель измерения инновационного потенциала организации / С. А. Старых, И. Г. Кузьмичева, Д. И. Распопин // Регион: системы, экономика, управление. – 2021. – № 2(53). – С. 138-144. – DOI 10.22394/1997-4469-2021-53-2-138-144. – EDN GVDOZM.

Galiguzov Vladislav Igorevich, student

Scientific supervisor – Starykh Svetlana Alekseevna, Cand. Econ. Sci., Associate Professor Southwestern State University, Kursk, Russia

APPLICATION POSSIBILITIES UNMANNED AERIAL VEHICLES IN THE RUSSIAN ENERGY SECTOR

Abstract. The article discusses the prospects of using unmanned aerial vehicles to solve the problems of the Russian energy sector. The key areas of technology application are analyzed, including infrastructure monitoring, equipment diagnostics, and disaster management. The features of the Russian energy system that necessitate the introduction of UAVs are identified and characterized. Special attention is paid to the integration of specialists who have acquired UAV control skills during a special military operation into the energy industry through personnel programs.

Keywords: energy sector, digitalization, infrastructure, human resources programs.

ТЕХНОЛОГИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ КАК ИНСТРУМЕНТ МОНИТОРИНГА ИЗНОСА КОНТАКТНОЙ И РЕЛЬСОВОЙ СЕТЕЙ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

Галигузов Владислав Игоревич, студент

Научный руководитель –

Старых Светлана Алексеевна, к.э.н., доцент

(e-mail: guito-swsu@yandex.ru)

Юго-Западный государственный университет, г.Курск, Россия

Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения надежности и безопасности инфраструктуры в условиях роста пассажиропотока и эксплуатационных нагрузок. В статье рассматривается применение технологии цифровых двойников для мониторинга износа контактной и рельсовой сетей городского электрического транспорта. В исследовании предложен алгоритм динамического обновления цифровых моделей, учитывающий реальные эксплуатационные параметры (температуру, вибрацию, нагрузку) и коррелирующий их с темпами износа. Методы включают машинное обучение для прогнозирования дефектов, 3D-моделирование критических участков и анализ больших данных, поступающих от систем мониторинга.

Ключевые слова: цифровой двойник, мониторинг износа, контактная сеть, рельсовая инфраструктура, городской электротранспорт, предиктивная аналитика.

В условиях стремительной урбанизации и роста пассажиропотока в крупных городах особую актуальность приобретает вопрос обеспечения надежности и безопасности инфраструктуры городского электрического транспорта. Контактная и рельсовая сети являются ключевыми элементами этой инфраструктуры, от состояния которых напрямую зависит бесперебойность движения трамваев, троллейбусов и других видов электротранспорта. Однако традиционные методы мониторинга и обслуживания этих сетей зачастую оказываются недостаточно эффективными, так как основываются на периодических проверках и ремонтах, которые не всегда позволяют своевременно выявить и предотвратить критические дефекты. В этой связи внедрение инновационных технологий, таких как цифровые двойники, становится важным шагом на пути к созданию умных транспортных систем, способных прогнозировать и предотвращать аварии, минимизировать простои и оптимизировать затраты на обслуживание [1, 3].

Цифровой двойник – это виртуальная модель физического объекта или системы, которая в реальном времени отражает его состояние, поведение и взаимодействие с окружающей средой. В контексте городского электрического транспорта цифровой двойник позволяет интегрировать данные от различных источников, таких как датчики, интернет вещей, системы видеонаблюдения и геопозиционирования, для создания динамической модели контактной и рельсовой сетей. Эта модель не только отображает текущее состояние инфраструк-

туры, но и прогнозирует ее износ на основе анализа эксплуатационных параметров, таких как температура, вибрация, нагрузка и другие факторы. В следствие чего цифровой двойник становится мощным инструментом предиктивной аналитики, позволяющим перейти от реактивного обслуживания к проактивному, когда ремонтные работы проводятся не по факту обнаружения дефектов, а на основе прогнозов их возникновения [2].

Основой для создания цифрового двойника контактной и рельсовой сетей является сбор и обработка больших объемов данных. Современные системы мониторинга оснащены множеством датчиков, которые фиксируют параметры работы инфраструктуры в режиме реального времени. Так, датчики вибрации позволяют выявлять микротрещины в рельсах, а датчики температуры – отслеживать перегрев контактных проводов. Эти данные передаются в централизованную систему, где с помощью алгоритмов машинного обучения анализируются и сопоставляются с историческими данными для выявления закономерностей и прогнозирования износа. Кроме того, для повышения точности модели используются технологии 3D-сканирования, которые позволяют создавать детализированные цифровые копии критических участков сети, таких как стрелочные переводы, пересечения путей и места соединения контактных проводов [2, 3].

Одним из ключевых преимуществ цифровых двойников является их способность к динамическому обновлению. В отличие от статических моделей, которые требуют ручного внесения изменений, цифровой двойник автоматически адаптируется к изменениям в реальной системе. Это достигается за счет непрерывного потока данных от сенсоров и устройств интернета вещей, которые отслеживают состояние инфраструктуры в режиме реального времени. Например, если датчики фиксируют увеличение вибрации на определенном участке пути, цифровой двойник автоматически корректирует прогноз износа для этого участка и генерирует рекомендации по проведению профилактических работ. Тем самым эксплуатационные службы получают возможность оперативно реагировать на изменения и предотвращать аварии до их возникновения.

Важным аспектом внедрения цифровых двойников является их интеграция с существующими системами управления городским транспортом. Современные транспортные сети представляют собой сложные системы, включающие не только контактные и рельсовые сети, но и подвижной состав, системы энергоснабжения, диспетчерские центры и другие элементы. Цифровой двойник позволяет объединить данные от всех этих элементов в единую платформу, что обеспечивает комплексный подход к мониторингу и управлению. Например, данные о состоянии контактной сети могут быть сопоставлены с графиком движения трамваев, что позволяет оптимизировать нагрузку на инфраструктуру и минимизировать износ.

Результаты апробации технологии цифровых двойников на трамвайной сети Москвы демонстрируют ее высокую эффективность. В рамках пилотного проекта Мосгортранса в сотрудничестве с НИИ транспорта и дорожного хозяйства, была создана цифровая модель ключевых участков трамвайной сети, охватывающих маршруты в центре и на юго-востоке столицы. Система интегрировала

данные от 1200 датчиков, установленных на рельсах, контактных проводах и подвижном составе. Согласно отчету Мосгортранса за 2023 год, использование цифрового двойника позволило повысить точность диагностики износа на 25% по сравнению с методами визуального контроля и ручных замеров. Экономический эффект проекта оценивается в снижении затрат на обслуживание на 18%, что связано с сокращением внеплановых ремонтов. Кроме того, цифровой двойник позволил сократить количество аварий и простоев, что положительно сказалось на качестве обслуживания пассажиров [4, 5].

Одним из ключевых факторов успешного внедрения цифровых двойников является использование современных технологий обработки данных, таких как машинное обучение и искусственный интеллект. Эти технологии позволяют не только анализировать большие объемы данных, но и выявлять скрытые закономерности, которые невозможно обнаружить с помощью традиционных методов. Алгоритмы машинного обучения могут прогнозировать износ контактных проводов на основе анализа данных о нагрузке, температуре и влажности за несколько лет. Это позволяет своевременно выявлять потенциальные проблемы и оптимизировать график обслуживания, минимизируя влияние на движение транспорта.

Еще одним важным аспектом является обеспечение безопасности данных. Цифровые двойники оперируют большими объемами информации, которая может быть уязвима для кибератак. Поэтому при разработке и внедрении таких систем необходимо уделять особое внимание вопросам защиты данных. Это включает использование современных методов шифрования, создание резервных копий данных и внедрение систем контроля доступа. Кроме того, важно обеспечить совместимость цифровых двойников с существующими стандартами и протоколами, что позволит интегрировать их в уже работающие системы без необходимости полной замены оборудования.

Таким образом, технология цифровых двойников открывает новые возможности для мониторинга и управления инфраструктурой городского электрического транспорта. Она позволяет не только повысить надежность и безопасность контактной и рельсовой сетей, но и оптимизировать затраты на их обслуживание. Внедрение цифровых двойников способствует переходу от реактивного к предиктивному обслуживанию, что является важным шагом на пути к созданию умных городов. Учитывая высокую эффективность этой технологии, можно ожидать, что в ближайшие годы она получит широкое распространение не только в транспортной отрасли, но и в других сферах, где требуется мониторинг и управление сложными системами. Таким образом, цифровые двойники становятся неотъемлемой частью цифровой трансформации, которая определяет будущее городской инфраструктуры.

Список литературы

1. Чупин А. Л., Чупина Ж. С. УРБАНИЗАЦИЯ КАК ВЫЗОВ УСТОЙЧИВОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ РАСТУЩЕЙ АВТОМОБИЛИЗАЦИИ // Вестник МФЮА. 2022. №1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/urbanizatsiya-kak-vyzov-ustoychivosti-transportnyh-sistem-v-usloviyah-rastuschey-avtomobilizatsii/>. – Текст : электронный.

2. Кокорев Дмитрий Сергеевич, Юрин Александр Александрович Цифровые двойники: понятие, типы и преимущества для бизнеса // Colloquium-journal. 2019. №10 (34). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-dvoyniki-ponyatie-tipy-i-preimushchestva-dlya-biznesa/>. – Текст : электронный.
3. Гузь Анастасия Руслановна, Пальмов Сергей Вадимович ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ // Региональная и отраслевая экономика. 2023. №1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovoy-dvoynik-v-intellektualnoy-transportnoy-sisteme/>. – Текст : электронный.
4. Римская О. Н., Анохов И. В. ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ЭКОНОМИКЕ ТРАНСПОРТА // СРРМ. 2021. №2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-dvoyniki-i-ih-primeneniye-v-ekonomike-transporta/>. – Текст : электронный.
5. Мосгортранс : сайт. – URL: <https://mosgortrans.ru/>. – Текст : электронный.
6. Старых, С. А. Анализ влияния коронавирусного кризиса на экономику России / С. А. Старых, И. Г. Перепелкин // Регион: системы, экономика, управление. – 2021. – № 4(55). – С. 192-196. – DOI 10.22394/1997-4469-2021-55-4-192-196. – EDN AJPZEQ.
7. Старых, С. А. Обеспечение экономического роста Российской Федерации в современных условиях / С. А. Старых, И. Г. Перепелкин, А. В. Зеньковская // Регион: системы, экономика, управление. – 2021. – № 4(55). – С. 31-37. – DOI 10.22394/1997-4469-2021-55-4-31-37. – EDN JFATZC.
8. Солодوخина, О. И. Особенности совершения таможенных операций при осуществлении электронного декларирования товаров и транспортных средств / О. И. Солодухина, С. А. Старых // Эффективные механизмы управления / Под общей редакцией Г. Ю. Гуляева. – Пенза : "Наука и Просвещение" (ИП Гуляев Г.Ю.), 2017. – С. 208-218. – EDN ZGTHWP.
9. Обеспечение экономической безопасности государства в условиях цифровизации общественных отношений: теоретико-методологические аспекты / А. А. Головин, В. В. Коварда, В. М. Кузьмина [и др.]. – Курск : Индивидуальный предприниматель Бескровный Александр Васильевич, 2020. – 165 с. – ISBN 978-5-907167-93-3. – EDN EUYWS.
10. Старых, С. А. УРИК как интегральный показатель измерения инновационного потенциала организации / С. А. Старых, И. Г. Кузьмичева, Д. И. Распопин // Регион: системы, экономика, управление. – 2021. – № 2(53). – С. 138-144. – DOI 10.22394/1997-4469-2021-53-2-138-144. – EDN GVDOZM.

Galiguzov Vladislav Igorevich, student

Scientific supervisor – **Starykh Svetlana Alekseevna, Cand. Econ. Sci., Associate Professor**
(e-mail: guimo-swsu@yandex.ru)

Southwestern State University, Kursk, Russia

DIGITAL TWIN TECHNOLOGY AS A TOOL FOR MONITORING WEAR OF CONTACT AND RAIL NETWORKS OF URBAN ELECTRIC TRANSPORT

Abstract. The relevance of the study is due to the need to improve the reliability and safety of infrastructure in the face of increasing passenger traffic and operational loads. The article discusses the use of digital twin technology to monitor the wear of contact and rail networks of urban electric transport. The study proposes an algorithm for dynamically updating digital models that takes into account real operational parameters (temperature, vibration, load) and correlates them with wear rates. Methods include machine learning to predict defects, 3D modeling of critical areas, and analysis of big data coming from monitoring systems.

Keywords: digital twin, wear monitoring, contact network, rail infrastructure, urban electric transport, predictive analytics.

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ОТ АВТОМАТИЗАЦИИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Глушков Александр Евгеньевич, студент
(e-mail: alexmeller52@gmail.com)

Маслова Снежана Сергеевна, студент
(e-mail: maslova_snezhana_03@mail.ru)

Крушинская Ольга Игоревна, к.э.н., доцент
(e-mail: tulasi1970@gmail.com)

Иркутский государственный университет путей сообщения,
г. Иркутск, Россия

В данной статье рассматривается как внедрение цифровых технологий и автоматизация процессов на железнодорожном транспорте способствуют повышению его эффективности и укреплению экономической значимости отрасли. Статья подчеркивает важность автоматизации для повышения конкурентоспособности железнодорожного транспорта и его роли как ключевого элемента транспортной инфраструктуры.

Ключевые слова: транспорт, железнодорожный транспорт, автоматизация.

Железнодорожный транспорт является одной из ключевых отраслей экономики. Он играет важнейшую роль в обеспечении устойчивого развития и интеграции регионов, обеспечивая перевозки грузов и пассажиров, соединяя удаленные промышленные центры, что способствует росту торговли [1].

Эффективность железнодорожного транспорта напрямую влияет на конкурентоспособность экономики. Своевременная доставка грузов, надежность и безопасность перевозок, а также снижение логистических издержек определяет эффективность функционирования других отраслей. Однако при условиях растущих объемов перевозок и требований к экологичности традиционные методы управления становятся недостаточно эффективными.

Для повышения эффективности работы железнодорожного транспорта активно внедряются новые цифровые технологии, которые позволяют автоматизировать основные процессы. Автоматизация охватывает управление движением, техническое обслуживание, энергоснабжение и логистику, что способствует увеличению пропускной способности, повышению безопасности, а также снижению эксплуатационных затрат [2].

Основные автоматизированные системы, применяемые на железнодорожном транспорте:

- Автоматизированная система управления электроснабжением (АСУЭ). Предназначена для управления устройствами электроснабжения и их эксплуатации на основе автоматизации производственных процессов поддержания оптимальных режимов в системе тягового электроснабжения, а также сбора и обработки данных, что обеспечивает снижение эксплуатационных затрат, повы-

шение надежности и безопасности электроснабжения, оперативное реагирование на аварийные ситуации.

- Автоматизированные системы управления сортировочными станциями (АСУСС). Данные системы предназначены для автоматизации управления переработкой вагонов, обработки телеграмм, учета вагонов, планирования формирования поездов и анализа работы станции. Это улучшает технологию работы станции, повышает точность и достоверность информации, облегчает труд работников, что способствует увеличению эффективности сортировочных процессов, а также снижению времени простоя вагонов [3].

- Автоматическая переездная сигнализация (АПС). Она предназначена для обеспечения безопасности на железнодорожных переездах, автоматического предупреждения водителей автотранспорта и пешеходов о приближении поезда. Это снижает число аварий на переездах, что снижает затраты на ликвидацию последствий и повышает доверие к железнодорожному транспорту.

- Автоматическая локомотивная сигнализация (АЛС). АЛС предназначена для обеспечения безопасности движения поездов, передачи показаний путевых светофоров на локомотив и автоматического экстренного торможения в случае опасности. Следовательно, уменьшается число аварий, повышается безопасность движения, особенно в условиях плохой видимости, что снижает затраты на ликвидацию последствий, увеличивается пропускная способность участка.

В качестве примера произведем расчет экономического эффекта от внедрения автоматической локомотивной сигнализации непрерывного типа (АЛСН) на участке N.

Параметр	До внедрения	После внедрения
Пропускная способность (поездов/день)	30	34,5 (+15%)
Количество аварий за год	5	1 (-5%)
Расход топлива на локомотив/год (л)	200 000	190 000 (-5%)
Годовая прибыль (млн руб.)	547,5	957,6
Капитальные затраты (млн руб.)	0	75

1. Доход от увеличения пропускной способности:

$$\Delta P = Q_{\text{доп}} \cdot P_{\text{поезд}} \cdot 365 \cdot T$$

$$Q_{\text{доп}} = Q_{\text{исх}} \cdot k,$$

где $Q_{\text{доп}}$ – дополнительные поезда в день;

k – коэффициент роста пропускной способности (0,15);

$P_{\text{поезд}}$ – прибыль от одного поезда (50 000 руб.);

T – срок эксплуатации системы ($T = 5$ лет).

$$Q_{\text{доп}} = 30 \cdot 0,15 = 4,5 \text{ поезда/день;}$$

$$\Delta P = 4,5 \cdot 50\,000 \cdot 365 \cdot 5 = 410,6 \text{ млн руб.}$$

2. Экономия на авариях:

$$\mathcal{E}_{\text{аварии}} = (N_{\text{аварий}} \cdot Y_{\text{аварий}}) \cdot (1 - k_{\text{сниж}}) \cdot T,$$

где $N_{\text{аварий}}$ – среднее количество аварий в год до внедрения (5 аварий);

$Y_{\text{аварий}}$ – средний ущерб от одной аварии (2 млн руб.);

$k_{\text{сниж}}$ – коэффициент снижения аварийности (0,2).

$$\mathcal{E}_{\text{аварии}} = (5 \cdot 2\,000\,000) \cdot (1 - 0,2) \cdot 5 = 40 \text{ млн руб.}$$

3. Экономия на топливе:

$$\mathcal{E}_{\text{топливо}} = (R_{\text{топ}} \cdot C_{\text{топ}} \cdot k_{\text{сниж } T}) \cdot N_{\text{лок}} \cdot T,$$

где $R_{\text{топ}}$ – расход топлива на 1 локомотив в год (200 000 л);

$C_{\text{топ}}$ – стоимости 1 л топлива (60 руб.);

$k_{\text{сниж } T}$ – коэффициент снижения расхода топлива (0,05);

$N_{\text{лок}}$ – количество локомотивов (50 лок.).

$$\mathcal{E}_{\text{топливо}} = (200\,000 \cdot 60 \cdot 0,05) \cdot 50 \cdot 5 = 150 \text{ млн руб.}$$

4. Экономический эффект:

$$\text{Эффект} = (\Delta P + \mathcal{E}_{\text{аварии}} + \mathcal{E}_{\text{топливо}}) - K;$$

где K – капитальные затраты на внедрение (75 млн руб.).

$$\text{Эффект} = (410,6 + 40 + 150) - 75 = 525,6 \text{ млн руб.}$$

Таким образом, автоматизация процессов на железнодорожном транспорте не только способствует повышению его конкурентоспособности, но и укрепляет его роль как важнейшего элемента транспортной инфраструктуры, обеспечивающего устойчивое развитие экономики страны. Внедрение таких автоматизированных систем, как АЛС, АСУЭ, АСУСС и другие позволяют оптимизировать производственные процессы, снизить эксплуатационные затраты и минимизировать риски аварий.

Список литературы

1. Маслова, С. С. Железнодорожные грузовые перевозки: вызовы и возможности в условиях санкций / С. С. Маслова, А. Е. Глушков, О. И. Крушинская // Экономический рост как основа устойчивого развития России : сборник научных статей участников 8-й Всероссийской научно-практической конференции, Курск, 04–05 декабря 2024 года. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2024. – С. 22-25. – EDN YBGFIJ.

2. Соколов, П. А. Внедрение цифровых систем и технологий на железнодорожной станции для повышения эффективности её работы / П. А. Соколов, П. А. Соколов, К. Н. Трунева // Дневник науки. – 2024. – № 7(91). – EDN BHUVMQ.

3. Китаева, А. Т. Внедрение автоматизированных систем на железнодорожном транспорте / А. Т. Китаева, Л. А. Олюнина // Приоритетные направления экономического, социального и политического развития информационного общества (ПН-2022) : Материалы Международной научно-практической конференции. В 3-х томах, Тюмень, 25 ноября 2022 года. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2024. – С. 47-51. – EDN ADMJJU.

Glushkov Alexander Evgenievich, student

(e-mail: alexmeller52@gmail.com)

Irkutsk State University of Railway Engineering, Irkutsk, Russia

Maslova Snezhana Sergeevna, student

(e-mail: maslova_snezhana_03@mail.ru)

Irkutsk State University of Railway Engineering, Irkutsk, Russia

Krushinskaya Olga Igorevna, Candidate of Economic Sciences, associate professor

(e-mail: tulasi1970@gmail.com)

Irkutsk State University of Railway Engineering, Irkutsk, Russia

THE ECONOMIC EFFECT OF AUTOMATION IN RAILWAY TRANSPORT

Abstract. This article examines how the introduction of digital technologies and automation of processes in railway transport contribute to increasing its efficiency and strengthening the economic importance of the industry. The article highlights the importance of automation for increasing the competitiveness of rail transport and its role as a key element of transport infrastructure.

Keywords: transportation, rail transport, automation.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Гнездилова Юлия Петровна, к.т.н., доцент

(e-mail: juliagup@yandex.ru)

Першин Алексей Николаевич, студент

(e-mail: alecseypershin@gmail.com)

Шестериков Павел Игоревич, студент

(e-mail: steam2003po@gmail.com)

Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова

Проведен анализ состояния распределительных сетей 10 кВ городской сети. Приведены данные по недоотпуску электроэнергии и возможные варианты дальнейшего развития электрических сетей 10кВ.

Ключевые слова: электросети 10 кВ, эффективность работы сетей, пропускная способность, распределительная электрическая сеть, уровень напряжённости.

Введение. Распределительные электрические сети (РЭС) и большинство сельских РЭС в России характеризуются большой протяженностью линий электропередачи (ЛЭП) и их относительно низкой пропускной способностью.

Современное состояние распределительной и снабженческой сети характеризуется большим процентом изношенного и устаревшего электрооборудования, находящегося в эксплуатации, электрических сетей, нуждающихся в оптимизации их слабо автоматизированных элементов. Это приводит к большим потерям электроэнергии (до 15%) в РЭС, низкой электрической надежности, большим затратам на аварийный ремонт и нарушению электробезопасности в первую очередь для домашних хозяйств. Перечисленные недостатки таких РЭС 10 кВ влияют на индекс средней длительности прерывания системы (SAIDI) и индекс средней частоты прерывания системы (SAIFI), используемые для оценки надежности электроснабжения. Поэтому распределительные сети 10 кВ в их современном состоянии концептуально непригодны для эффективной эксплуатации и выполнения требований надежного качества электроснабжения потребителей и, самое главное, приносящие большое количество затрат.

Электрические распределительные сети 10 кВ имеют достаточно большую протяженностью и неудовлетворительное техническое состоянием основного

электрооборудования, кроме того, необходимо учитывать прогнозируемые темпы роста потребления электроэнергии. По данным ПАО «Россети Центр», из 1,3 млн. км сетей только 740 тыс. км находятся в хорошем состоянии (58,46%).

Процент изношенного электрооборудования ПС, находится далеко за пределами срока службы (1,5-2-кратный срок службы), ежегодно увеличивается и уже превысил 90%. Техническое состояние распределительных элементов 10 кВ таково, что недоотпуск электроэнергии по Курской области составил 26,015 тыс. кВт*час, данные на момент 3 квартала 2024 года от ПАО «Россети Центр»-«Курскэнерго».

По данным ПАО «Россети Центр»-«Курскэнерго», из 274 трансформаторных подстанций (ТП) только 145 (абонентские ТП не учитывались) находятся в хорошем состоянии (52,92%), 83 ТП нуждаются в капитальном ремонте (30,52%), 43 ТП нуждаются в реконструкции (16,23%) и одна ТП подлежит полной замене (0,33%).

Поэтому из-за длительного срока эксплуатации большинство существующих объектов распределительных сельских сетей не соответствуют требованиям, изложенным в технической политике строительства и эксплуатации распределительных электрических сетей ПАО «Россети Центр»-«Курскэнерго».

Цель. Поиск возможных путей повышения эффективности распределения электроэнергии с учетом перспективного увеличения нагрузки.

Материалы и методика исследований. Распределительные городской сети питаются от десяти ПС: ПС 330 кВ Садовая 330/110/35/10 кВ, ПС 110/35/10 Счетмаш 110/35/10 кВ, ПС 110/10 Высокая 110/10 кВ, ПС 110/10 Соловьиная 110/10 кВ, ПС 110/6 Тепличная 110/6 кВ, ПС 35/10 Юго-Западная 35 кВ, ПС 35/6 Западная 35/6 кВ, ПС 110/35/6 Кировская 110 кВ, ПС 110/10 Родники 110 кВ и ПС 110/35/10кВ Прибор.

Сети 10 кВ городской сети включают 33 питающих фидера, общая протяженность линий электропередачи которых составляет 374,48 км с общей установленной мощностью трансформаторов 72,38 МВА.

Исследование проводилось на основе моделирования типовых установившихся режимов работы зимних пиков нагрузки для следующих вариантов ее развития:

Вариант 1. Существующее РЭС 10 кВ с требованием базовой нагрузки.

Вариант 2. РЭС 10 кВ с потребностью базовой нагрузки после переключения фидеров 6 кВ существующего РЭС на 10 кВ.

Вариант 3. 20 кВ РЭС с потребностью базовой нагрузки после переключения, существующего 10 кВ РЭС на 20 кВ.

Вариант 4. 20 кВ РЭС после переключения, существующего 10 кВ РЭС на 20 кВ с учетом прогнозируемого увеличения нагрузки на ближайшие 10...15 лет.

Вариант 1. Существующее РЭС 10 кВ с требованием базовой нагрузки. Анализ показателей режима работы показывает, что некоторые фидеры перегружены и уровень напряжения на шинах выносных ПС значительно ниже. Средняя перегруженность питателей составляет 46,175%.

Низкие показатели качества электроэнергии по критерию напряжения наблюдаются также на ПС относительно ненагруженных фидеров.

Суммарные потери активной мощности в электрической сети составляют 3,073 МВт (из них 2,867 МВт - прерывистые потери и 0,206 МВт - относительно постоянные потери).

Вариант 2. РЭС 10 кВ с потребностью базовой нагрузки после переключения фидеров 6 кВ существующего РЭС на 10 кВ. Переключение питателей с 6 кВ на 10 кВ решает проблему перегрузки. Потери напряжения в линиях на выносные ПС не превышают 10%, а отклонение напряжения на высоковольтных шинах выносных ПС ниже 4,5%.

Суммарные потери активной мощности в сети, переключенной на 10 кВ, составляют 1,856 МВт, что на 1,049 МВт (56,52 %) меньше, чем для существующих сетей 6 кВ и 10 кВ.

Переключение электрической сети города на 10 кВ дает преимущества как с точки зрения снижения перегрузки линий и обеспечения требуемого уровня напряжения на шинах ПС, так и с точки зрения снижения потерь активной мощности в сети. При этом рассмотренные выше проблемы работы сети 10 кВ и нагрузки трансформаторов ПС не решаются.

Вариант 3. 20 кВ РЭС с потребностью базовой нагрузки после переключения, существующего 10 кВ ПС на 20 кВ. Режим работы силовой сети 20 кВ рассчитан для существующей конфигурации и реализации воздушных линий электропередачи с защитой проводами СИП-3 и с кабельными линиями и промежуточным кабелем, выполненными с использованием ПЕ-изолированных кабелей. ПС был оснащен трансформаторами российского производителей, которые имеют более низкие потери холостого хода.

Вследствие этого происходит значительное снижение амперной нагрузки линий, а потери напряжения на пути к большинству удаленных ПС были снижены до величины, не превышающей 3%. При этом потери напряжения на пути к наиболее удаленным ПС фидеров составляют 4,6% и 5,5% соответственно, что также допустимо. Активные потери мощности в 20 кВ составляют 0,5497 МВт.

Вариант 4. 20 кВ после переключения, существующего 10 кВ ПС на 20 кВ с учетом прогнозируемого увеличения нагрузки на ближайшие 10 лет. Для функционирующего РЭС 10 кВ режим работы с прогнозируемой нагрузкой практически не может существовать из-за значительной перегрузки основных сегментов линий электропередачи, больших потерь напряжения в линиях на удаленные ПС и за пределами низкого уровня напряжения на ее шинах.

Анализ результатов расчетов для режима РЭС 20 кВ свидетельствует о нормализации уровня напряжения на шинах ПС, так как потери напряжения в линиях до наиболее удаленных ТС не превышают 3%. Технические потери активной мощности в ПС 20 кВ составляют 1,237 МВт, то есть 2,78% от мощности, подаваемой в ПС.

Результаты исследования. Переход исследуемой электрической сети на напряжение 20 кВ, даже если рост потребности в нагрузке на последующие 10 лет находится в пределах прогнозируемого диапазона, приводит к значительному

улучшению как по потерям активной мощности, так и по уровню напряжения на шинах потребителей. Сеть 20 кВ имеет достаточно большой запас пропускной способности.

Анализ результатов расчета максимального установившегося режима работы электрических сетей 6 кВ и 10 кВ свидетельствует о перегрузке некоторых фидеров и значительном падении уровня напряжения на шинах потребителей. На данном этапе это серьезно усложняет работу электросети и вызывает чрезмерное увеличение активных потерь мощности. Переключение всей электрической сети на 10 кВ приводит к значительному снижению уровня напряжения на шинах некоторых потребителей фидеров, в связи с чем сеть 10 кВ нуждается в реконфигурации.

Дальнейшее увеличение нагрузки вызовет значительное ухудшение качества электроэнергии и увеличение технических потерь энергии, а также создаст необходимость в резком изменении конфигурации сети и переходе на 20 кВ.

Переход распределительной сети РЭС на напряжение 20 кВ требует технико-экономического обоснования и исследования режимов работы сети с учетом использования распределенной генерации. Отсутствие инвестиционных средств в энергоснабжающих организациях препятствует эффективной реализации мероприятий, направленных на повышение показателей эффективности работы распределительных электрических сетей.

Выводы. 1. Изучение существующих решений по повышению КПД распределительных электрических сетей 10 кВ показало, что с учетом конфигурации, протяженности линий электропередачи и нагрузки переход сети на более высокое напряжение можно считать целесообразным.

2. Анализ максимальных режимов функционирования РЭС 10 кВ показывает, что некоторые из длинных РС исчерпали свою пропускную способность. При этом на шинах его РС не обеспечивается необходимый уровень напряжения.

3. Результаты исследования показывают, что переключение некоторых 6 кВ РЭС на 10 кВ улучшает уровень напряжения на шинах РС и снижает технические потери активной мощности на 56%. Однако нагрузка линий и уровень напряжения на шинах РЭС 10 кВ остаются такими же, как и в функционирующем режиме РЭС. При этом на режимах с прогнозируемой нагрузкой эти показатели становятся еще хуже. Переход от 10 кВ РС к 20 кВ даже при прогнозируемой нагрузке обеспечит высокие эксплуатационные показатели работы РЭС. Потери напряжения в РС будут ниже 3%, шины РС будут обеспечены необходимым уровнем напряжения, а технические потери активной мощности не превысят 3%. Энергосистема 20 кВ будет иметь значительный резерв пропускной способности.

Список литературы

1. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Гнездилова Ю.П. Влияние предельных значений изменений напряжения на работу электрооборудования // В сборнике: Современные проблемы и направления развития агроинженерии в России. Сборник научных статей Международной научно-технической конференции. Курск, 2021. С. 12-15.
2. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Гнездилова Ю.П., Калуцкий Е.С. Анализ влияния предельных нормативных значений медленных изменений напряжения // В книге: Актуальные

проблемы энергетики АПК. Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2021. С. 20-23.

3. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Сафронов Р.И. Компьютерное моделирование процессов поддержания симметрии напряжений в электрических сетях // В сборнике: Электроэнергетика сегодня и завтра. Сборник научных статей Международной научно-технической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. Курск, 2022. С. 52-55.

4. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Серебровский В.И., Сафронов Р.И., Гнездилова Ю.П. Использование нечетких нейронных сетей для изучения процессов старения изоляции кабельных линий // В сборнике: Современные ресурсоэффективные технологии и технические средства в АПК. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Ответственный за выпуск С.Н. Петрова. Курск, 2021. С. 208-213.

5. Бирюлин, В.И. Электроснабжение сельскохозяйственных, промышленных и гражданских объектов / В. И. Бирюлин, Д. В. Куделина, В. В. Серебровский [и др.]. – Курск : Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, 2021. – 245 с. – ISBN 978-5-7369-0852-3. – EDN CHQWGY.

6. Бирюлин, В.И. Влияние изменений напряжения электрической сети на работу электротермических установок / В. И. Бирюлин, Д. В. Куделина, В. И. Серебровский, Р. И. Сафронов // Актуальные проблемы энергетики АПК : Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием, Саратов, 29–30 апреля 2021 года. – Саратов: ООО "Амирит", 2021. – С. 24-27. – EDN EWTGRO.

7. Бирюлин В.И., Серебровский В.И., Сафронов Р.И., Гнездилова Ю.П. Влияние светодиодных светильников на электрические сети освещения // В сборнике: Современные ресурсоэффективные технологии и технические средства в АПК. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Ответственный за выпуск С.Н. Петрова. Курск, 2021. С. 126-131.

8. Волошин В.В., Никулин А.Ю., Сафронов Р.И. Применение дизель-роторных источников бесперебойного питания для резервного электроснабжения объектов АПК // В сборнике: Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2020. С. 3-7.

9. Новиков Н.А., Ярыгин С.В., Дроздов А.И., Сафронов Р.И. Влияние несимметрии питающего напряжения на выход из строя асинхронных электродвигателей // В сборнике: Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2020. С. 107-111.

10. Сафронов, Р. И. Анализ электробезопасности в сельских электрических сетях / Р. И. Сафронов, Д. В. Свиначев, М. А. Москвин // Современные проблемы и направления развития агроинженерии в России : сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции, Курск, 28 октября 2022 года. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, 2022. – С. 185-188. – EDN FGFEKI.

11. Сафронов, Р. И. Влияние коммутационных перенапряжений на надежность электрооборудования / Р. И. Сафронов, С. А. Милотин // Электроэнергетика сегодня и завтра : сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции, Курск, 24 марта 2023 года / Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова; Научно-образовательный центр «Инженер». Том 2. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2023. – С. 104-108. – EDN IRABBY.

Gnezdilova Yulia Petrovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor (e-mail: juliagup@yandex.ru)
Pershin Alexey Nikolaevich, student (e-mail: alecseypershin@gmail.com)

Pavel I. Shestikov, student (e-mail: steam2003po@gmail.com)

IMPROVING DISTRIBUTION EFFICIENCY ELECTRICITY GENERATION

An analysis of the state of the 10 kV distribution networks of the urban network has been carried out. The data on undersupply of electricity and possible options for further development of 10 kV electric networks are presented.

Keywords: 10 kV power grids, network efficiency, capacity, distribution network, voltage level.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Гнездилова Юлия Петровна, к.т.н., доцент
(e-mail: juliagup@yandex.ru)

Сафронов Руслан Игоревич, к.т.н., доцент
(e-mail: russafronov@yandex.ru)

Саруев Богдан Алексеевич
(e-mail: sariuevbogdan85@gmail.com)

Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова

Рассмотрены особенности эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве. Проведен анализ влияния коммутационных перенапряжений в питающих сетях на надежность электрооборудования. Предложены требования к аппаратуре защиты и управления асинхронным электроприводом.

Ключевые слова: асинхронный электродвигатель, аппаратура защиты, коммутационные перенапряжения.

Введение

В условиях сельского хозяйства воздействие окружающей среды на изоляцию обмоток асинхронных двигателей более интенсивны. К внешним факторам, негативно влияющим на изоляцию электрооборудования, можно отнести следующие: повышенная влажность, химически агрессивная среда, вибрационные нагрузки, несоблюдение температурного режима эксплуатации (перегрев при перегрузке и работа при неполнофазных режимах сети). При совокупном воздействии данных факторов происходит процесс ускоренного старения изоляции и последующая ее деструкция.

В процессе эксплуатации изоляция обмоток асинхронных электродвигателей подвергается воздействию коммутационных перенапряжений. При коммутациях в питающих цепях, возникают переходные процессы, которые в свою очередь вызывают появление коммутационных перенапряжений. Процесс запуска и остановки асинхронного электропривода тесно связан с возникновением перенапряжений, параметры которых зависят от параметров схемы замещения и условий коммутации.

Поэтому вопросы, связанные с защитой асинхронных электродвигателей, являются актуальными.

Цель.

Рассмотреть влияние коммутационных перенапряжений в питающей сети на надежность работы электрооборудования в сельском хозяйстве.

Материалы и методика исследований.

Проведен анализ и синтез влияния коммутационных перенапряжений на электрооборудование, работающее в условиях агропромышленного комплекса.

Результаты исследования.

Обеспечение защиты асинхронных электродвигателей требуется при возникновении следующих аварийных ситуаций:

Обрыв одной из фаз (50% случаев), который происходит при:

- коротком замыкании на фазе;
- при перегрузке по току;
- при возгорании электрокабеля;
- при перегорании проводника фазы из-за ненадежного крепления контактов.

При обрыве фазы не всегда происходит остановка электродвигателя, при этом увеличивается нагрузка на валу, электродвигатель перегревается, что приводит к выходу его из строя.

Остальные 50% аварийных случаев, происходят из-за:

- неправильного чередования фаз (нарушения при проведении ремонтных работ питающей сети);
- слипание фазных проводов (происходит при нарушении изоляции питающего кабеля);
- перекос фаз (неравномерное распределения нагрузки по фазам);
- неисправности внутренней температурной защиты электродвигателя.

Для повышения срока службы асинхронных электродвигателей необходимо применение современной аппаратуры защиты от коммутационных перенапряжений. Данная аппаратура должна обеспечивать защиту электродвигателей при возникновении любых аварийных ситуаций и нестационарных режимов работы оборудования и питающей сети, однако существующие на данный момент технические средства не могут в полной мере это обеспечить.

Кроме того, работа средств компенсации реактивной мощности, электронных блоков управления и прочего оборудования, в состав которого входят микросхемы и микроконтроллеры, сильно зависит от коммутационных перенапряжений. Это связано с низкой стойкостью полупроводниковых элементов к импульсным перенапряжениям, из-за которых происходит пробой тонких диэлектрических промежутков. В будущем, в связи с широким применением микропроцессорной техники, проблема защиты от коммутационных перенапряжений будет всё более актуальной.

Функционирование технологических установок в сельском хозяйстве полностью зависит от надёжности работы средств их автоматизации и электрификации (электродвигатели, магнитные пускатели, автоматические выключатели, тепловые реле, устройства защитного отключения и т.д.).

Основным из неблагоприятных факторов, воздействующих на электрооборудование в сельскохозяйственном производстве, являются коммутационные пе-

перенапряжения, которые сокращают срок службы изоляции. Как показывают исследования многих ученых, до 90% неисправностей асинхронных электродвигателей приходится на выход из строя обмоток статора, из них до 20% это отказы по причине коммутационных перенапряжений. По мимо этого, коммутационные перенапряжения снижают надёжность и точность функционирования систем автоматического управления технологическими процессами, в которых используются интеллектуальные микропроцессорные системы управления. Кроме того, коммутационные перенапряжения приводят к выходу из строя цифрового оборудования, присоединённого на те же шины что и группа асинхронных электродвигателей.

Выводы.

Для защиты электрооборудования, работающего в сельском хозяйстве, от коммутационных перенапряжений необходимо применять комплекс технических средств, для защиты асинхронных электродвигателей и систем их управления от коммутационных перенапряжений и аварийных режимов.

Данные устройства защиты должны обеспечить: снижение амплитуды и продолжительность коммутационных перенапряжений; исключить влияние условий коммутации на параметры коммутационных перенапряжений; продлить надёжность работы асинхронного электродвигателя.

Список литературы

1. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Гнездилова Ю.П. Влияние предельных значений изменений напряжения на работу электрооборудования // В сборнике: Современные проблемы и направления развития агроинженерии в России. Сборник научных статей Международной научно-технической конференции. Курск, 2021. С. 12-15.
2. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Гнездилова Ю.П., Калущий Е.С. Анализ влияния предельных нормативных значений медленных изменений напряжения // В книге: Актуальные проблемы энергетики АПК. Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2021. С. 20-23.
3. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Сафронов Р.И. Компьютерное моделирование процессов поддержания симметрии напряжений в электрических сетях // В сборнике: Электроэнергетика сегодня и завтра. Сборник научных статей Международной научно-технической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. Курск, 2022. С. 52-55.
4. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Серебровский В.И., Сафронов Р.И., Гнездилова Ю.П. Использование нечетких нейронных сетей для изучения процессов старения изоляции кабельных линий // В сборнике: Современные ресурсоэффективные технологии и технические средства в АПК. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Ответственный за выпуск С.Н. Петрова. Курск, 2021. С. 208-213.
5. Бирюлин, В.И. Электроснабжение сельскохозяйственных, промышленных и гражданских объектов / В. И. Бирюлин, Д. В. Куделина, В. В. Серебровский [и др.]. – Курск : Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, 2021. – 245 с. – ISBN 978-5-7369-0852-3. – EDN CHQWGY.
6. Бирюлин, В.И. Влияние изменений напряжения электрической сети на работу электротермических установок / В. И. Бирюлин, Д. В. Куделина, В. И. Серебровский, Р. И. Сафронов // Актуальные проблемы энергетики АПК : Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием, Саратов, 29–30 апреля 2021 года. – Саратов: ООО "Амирит", 2021. – С. 24-27. – EDN EWTGRO.

7. Бирюлин В.И., Серебровский В.И., Сафронов Р.И., Гнездилова Ю.П. Влияние светодиодных светильников на электрические сети освещения // В сборнике: Современные ресурсоэффективные технологии и технические средства в АПК. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Ответственный за выпуск С.Н. Петрова. Курск, 2021. С. 126-131.
8. Волошин В.В., Никулин А.Ю., Сафронов Р.И. Применение дизель-роторных источников бесперебойного питания для резервного электроснабжения объектов АПК // В сборнике: Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2020. С. 3-7.
9. Новиков Н.А., Ярыгин С.В., Дроздов А.И., Сафронов Р.И. Влияние несимметрии питающего напряжения на выход из строя асинхронных электродвигателей // В сборнике: Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2020. С. 107-111.
10. Сафронов, Р. И. Анализ электробезопасности в сельских электрических сетях / Р. И. Сафронов, Д. В. Свиначев, М. А. Москвин // Современные проблемы и направления развития агроинженерии в России : сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции, Курск, 28 октября 2022 года. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, 2022. – С. 185-188. – EDN FGFEKI.
11. Сафронов, Р. И. Влияние коммутационных перенапряжений на надёжность электрооборудования / Р. И. Сафронов, С. А. Милотин // Электроэнергетика сегодня и завтра : сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции, Курск, 24 марта 2023 года / Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова; Научно-образовательный центр «Инженер». Том 2. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2023. – С. 104-108. – EDN IRABBY.

Gnezdilova Yulia Petrovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor (e-mail: juliagup@yandex.ru)

Safronov Ruslan Igorevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor (e-mail: russafronov@yandex.ru)

Saruyev Bogdan Alekseevich (e-mail: saruevbogdan85@gmail.com)

Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov, Russia

IMPROVEMENT OF PROTECTION SYSTEMS ELECTRICAL EQUIPMENT

Abstract. The features of the operation of electrical equipment in agriculture are considered. The analysis of the influence of switching over voltages in the supply networks on the reliability of electrical equipment is carried out. The requirements for the protection and control equipment of an asynchronous electric drive are proposed.

Keywords: asynchronous electric motor, protection equipment, switching over voltages.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССАХ АПК

Гринев Дмитрий Владимирович, студент
(e-mail: grinev.1@mail.ru)

Мясоедова Марина Анатольевна, к.т.н., доцент
(e-mail: lady.mysloedova@yandex.ru)

Мамонова Людмила Геннадьевна, к.т.н., доцент
(e-mail: mamonova_lg@mail.ru)

Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова

В данной статье рассматриваются технологии, способствующие повышению энергоэффективности производственных процессов в АПК.

Ключевые слова: энергоэффективность, АПК, комплекс, технологии, производство, энергия.

Агропромышленный комплекс предназначен для обеспечения продовольственной безопасности и устойчивого развития сельских территорий. Несомненно с ростом населения увеличивается потребность в продуктах питания, соответственно возникает необходимость в улучшении производственных процессов в сельском хозяйстве.

Для решения данного рода проблем необходимо использовать энергоэффективные технологии, направленные на повышение производительности АПК и соответственно роста экономических показателей.

Чтобы понять, что такое энергоэффективные технологии обратимся к определению энергоэффективности. Энергоэффективность- это комплекс мероприятий нацеленный на уменьшение затрат электроэнергии. К таким мероприятиям можно отнести современные агрономические практики, GPS-технологии, замена устаревшего оборудования, использование капельного орошения, солнечных панелей и биогазовых аппаратов выгодно повышающих работоспособность аппаратов и минимизирующих воздействие на природу.

Современные агрономические практики, такие как точное земледелие, позволяют снизить потребление энергии для обработки почвы. Использование GPS-технологий и датчиков помогает следить за состоянием почвы и растений, что позволяет оптимально распределять ресурсы, такие как вода и удобрения.

Замена устаревшего оборудования на современное в системах орошения, способствует повышению энергоэффективности.

Таким образом, для многих хозяйств целесообразно использование именно капельного орошения (рисунок 1), которое, в отличие от старых методов, в значительной степени снизит затраты воды и энергии.



Рисунок 1- Капельное орошение

Следующая энергоэффективная технология - солнечные панели (рисунок 2), которые позволяют снизить использование традиционных источников энергии в производственных процессах. К примеру для увеличения урожайности посевов и уменьшения затрат на отопление и освещение в промышленном агрокомплексе «ЭкоНива» в одну из теплиц вмонтировали солнечные панели, что успешно способствовало выполнению поставленной цели.



Рисунок 2- Солнечные панели

Таким образом, системы орошения и освещения, работающие на солнечных панелях и использующие солнечную энергию, значительно экономят электричество для предприятий и следовательно сокращают финансовые расходы.

Некоторые сельскохозяйственные предприятия начали использовать биогазовые установки для переработки отходов в энергоресурсы, что не только ре-

шило проблему утилизации отходов, но и позволило получить экологически чистую энергию для собственных нужд.

Проанализировав существующие электроэффективные технологии, можно сделать вывод о том, что существует множество электро технологий, которые способствуют повышению производительности агропромышленного комплекса, росту показателей экономики

Список литературы

1. Рыжов А.А., Мясоедова М.А. Ресурсосберегающие технологии. Взгляд в будущее// Сб.: Электроэнергетика сегодня и завтра. Сборник научных статей 3-й Международной научно-технической конференции. Курск, 2024. С. 268-271.
2. Мясоедова М.А., Мамонова Л.Г. Оценка надежности функционирования работников АПК на основе математического моделирования// Сб.: Актуальные проблемы устойчивости агроэкосистем при эффективном использовании природных ресурсов. Материалы Международной научно-практической конференции. Бухара, 2023. С. 278-280.
3. Рыжов А.А., Мясоедова М.А. Революционные достижения в электротехнике: Взгляд на развивающиеся тенденции в 2024 году// Сб: Современные технологии, материалы и техника. Сборник научных статей Всероссийской научно-технической конференции. Воронеж, 2023. С. 429-432.
4. Ароян А.В., Мясоедова М.А. Энергетика сегодня. Новые реалии для России// Сб: Электроэнергетика сегодня и завтра. Сборник научных статей Международной научно-технической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. Курск, 2022. С. 30-32.
5. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Мясоедова М.А. Оценка энергоэффективности сельхозпредприятий с применением нечеткой нейронной сети// Сб : Электроэнергетика сегодня и завтра. Сборник научных статей Международной научно-технической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. Курск, 2022. С. 48-51.
6. Мамонова, Л. Г. Перспективы развития современной энергетики / Л. Г. Мамонова, М. А. Мясоедова // Молодежь и XXI век - 2022 : Материалы 12-й Международной молодежной научной конференции. В 4-х томах, Курск, 17–18 февраля 2022 года / Отв. редактор М.С. Разумов. Том 4. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 236-238. – EDN ANRDYF.
7. Мамонова, Л. Г. Качество электрической энергии в системах электроснабжения и способы его моделирования / Л. Г. Мамонова, М. А. Мясоедова // Региональный вестник. – 2018. – № 1(10). – С. 8-9. – EDN UQXDFT.
8. Мясоедова, М. А. Актуальные проблемы и перспективы энергосетевого комплекса России / М. А. Мясоедова, Л. Г. Мамонова // Электроэнергетика сегодня и завтра : сборник научных статей Международной научно-технической конференции, Курск, 30 марта 2022 года / Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2022. – С. 124-126. – EDN IJTBRD.
9. Мясоедова, М. А. Приоритетные направления в области энергетики / М. А. Мясоедова, Л. Г. Мамонова // Наука молодых - будущее России : сборник научных статей 6-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых, Курск, 09–10 декабря 2021 года. Том 5. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2021. – С. 269-272. – EDN QNPLCQ.
10. Мясоедова, М. А. Проблемы энергоэффективности на современном этапе / М. А. Мясоедова, А. В. Ароян // Современные ресурсоэффективные технологии и технические средства в АПК : Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Курск, 31 марта 2021 года / Ответственный за выпуск С.Н. Петрова. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, 2021. – С. 5-10. – EDN SRCPEL.

11. Волкова, С. Н. Эффективное управление - новый этап в развитии информационных технологий / С. Н. Волкова, М. А. Мясоедова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – № 3. – С. 22-24. – EDN QBUFEN.

Grinev Dmitriy Vladimirovich, student

(e-mail: grinev.1@mail.ru)

Kursk Agar State University, Kursk, Russia

Myasoeodova Marina Anatolyevna, Candidate of Technical Sciences, associate professor

Kursk Agar State University, Kursk, Russia

Mamonova Lyudmila Gennadiyevna, Candidate of Technical Sciences, associate professor

Kursk Agar State University, Kursk, Russia

ENERGY-EFFICIENT TECHNOLOGIES IN AGRICULTURAL PRODUCTION PROCESSES

Abstract: This article discusses technologies that contribute to improving the energy efficiency of production processes in the agro-industrial complex.

Keywords: energy efficiency, agro-industrial complex, complex, technologies, production, energy.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ В ЗАДАЧАХ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Гусев Павел Юрьевич, к.т.н., доцент

(e-mail: pgusev@cchgeu.ru)

Таволжанский Александр Валентинович, аспирант

(e-mail: tavolzhanskij.a@yandex.ru)

Воронежский государственный технический университет,
г.Воронеж, Россия

В статье рассматривается применение предиктивной аналитики для снижения числа отказов оборудования и повышения эффективности промышленных предприятий, в частности, электроэнергетических комплексов различного назначения. Рассматриваются ключевые особенности, решаемые задачи, основные подходы и методы.

Ключевые слова: предиктивная аналитика, анализ данных, прогнозирование, машинное обучение, электроэнергетика.

Конкурентоспособность современных промышленных предприятий и организаций зависит от эффективности технического обслуживания оборудования, которое влияет на производительность, стоимость продукции и надежность производственных процессов. В условиях усиливающейся конкуренции передовые методы технического обслуживания стремятся минимизировать частоту отказов и оптимизировать производственные затраты. Среди новых подходов выделяется применение предиктивного обслуживания, включающего планово-предупредительные меры и предиктивную диагностику. Применения методов предиктивного анализа помогает предвидеть деградацию оборудования и своевременно проводить ремонт, сокращая простои и снижая издержки. Такое обслуживание основано на мониторинге состояния технических устройств и при-

менении различных методов, например, таких как искусственные нейронные сети, деревья решений, для анализа состояния, что позволяет точнее диагностировать неисправности и улучшать качество принимаемых управленческих решений [1–4].

Для эффективного профилактического обслуживания производственных организаций, к которым также относятся различные электроэнергетические предприятия, требуется мониторинг их работы и сбор больших объемов данных. Эту задачу выполняет уровень сбора данных, который аккумулирует информацию с машин и программного обеспечения для управления производством. Собранные данные хранятся в репозитории и доступны для других модулей. Модуль обработки больших данных использует эту информацию для анализа и создания прогнозных моделей, выявляющих потенциальные неисправности до их возникновения. При этом важно учитывать как накопленные, так и текущие данные. Модуль управления большими данными также занимается предварительной обработкой данных и применением методов машинного обучения для диагностики сбоев и предложения мер по их устранению. Применение моделей предиктивной аналитики позволяет не только прогнозировать неисправности, но и оптимизировать производственные процессы, снижая расходы и потребление электрической энергии. Система предоставляет персонализированную информацию сотрудникам и диспетчерам в зависимости от их функций, что способствует предотвращению аварийных ситуаций, снижению операционных затрат и повышению эффективности работы энергокомпаний [5–7].

Использование предиктивной аналитики позволяет диагностировать, оптимизировать и прогнозировать как известные, так и неизвестные параметры и общее состояние объектов и систем. Для проведения требуемого анализа необходимо обратиться к аппарату больших данных, ввиду значительного объема информации, разнообразием форматов структурированных и неструктурированных наборов и необходимостью своевременного принятия решений [8–10].

В процессе создания моделей для предиктивной аналитики используются как теоретические, так и эмпирические методы. Теоретический подход основывается на математическом описании законов функционирования системы, тогда как эмпирический базируется на получаемых реальных данных. У каждого из этих методов есть свои недостатки. Аналитические модели сложно синтезируются, причём не всегда даже сложная модель может качественно отражать реальное состояние ввиду невозможности учесть все факторы априори. Эмпирические модели, созданные на основе одних данных при определённых условиях, могут совершенно не отвечать предъявляемым требованиям качества в условиях корректировки состояния среды. Для моделирования необходимо определить множества значений, которые будут подвергаться анализу. В процессе их подготовки крайне важно целеполагание, определяющее желаемое состояние, а также данные мониторинга, отражающие действия и общую производительность [11–12].

Для успешного применения методов машинного обучения к аналитическому моделированию, необходимо подготовка обучающего набора данных. Важно

отметить, что выбор обучающего набора существенно влияет на надёжность и качество аналитической модели.

В этой связи возникает острая потребность в сокращении количества релевантных признаков с целью уменьшения требований к вычислительным ресурсам и оперативной памяти. Методы отбора признаков играют ключевую роль в оптимизации работы предсказательных моделей, снижая избыточность данных, ускоряя процесс обучения и улучшая точность прогнозирования, одновременно обеспечивая ряд других значимых преимуществ.

Методы выбора признаков могут быть классифицированы на три категории в зависимости от метрики оценки: фильтрация, обертывание и встраивание. Методы фильтрации представляют собой этапы предварительной обработки, которые не зависят от алгоритма обучения и основываются на общих характеристиках обучающих данных. Они характеризуются низкими вычислительными затратами и высокой обобщающей способностью. Методы обертывания используют алгоритмы обучения для оценки полезности подмножеств переменных. Поскольку количество возможных подмножеств экспоненциально возрастает с увеличением числа переменных, эти методы могут требовать значительных вычислительных ресурсов. Методы встраивания интегрируют процесс селекции признаков в обучение, осуществляя поиск оптимального подмножества признаков в объединённом пространстве признаков и гипотез, что требует меньших затрат по сравнению с обертывающими методами.

Постоянное улучшение методов предиктивной аналитики, совершенствование алгоритмов и преодоление существующих ограничений приводят к повышению точности и надёжности прогнозных моделей. Это, в свою очередь, способствует более эффективному процессу принятия решений в электроэнергетике, оптимизации работы оборудования и, как следствие, значительному повышению эффективности предприятий отрасли. Таким образом, популярность предиктивной аналитики в электроэнергетике продолжает расти, обеспечивая устойчивое развитие технологий.

Список литературы

1. Подгайная Е.В. Применение предиктивной аналитики для анализа хозяйственной деятельности в цифровой экономике // Актуальные проблемы экономики и управления: теория и практика. Донецк. 2023. С. 126-130.
2. Zos-Kior M. et al. Management of efficiency of the energy and resource saving innovative projects at the processing enterprises //Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development. – 2020. – Т. 42. – №. 4. – С. 504-515.
3. Чернухин А. В., Богданова Е. А., Савицкая Т. В. Построение модели предиктивной аналитики неисправностей промышленного оборудования //Программные продукты и системы. – 2024. – Т. 37. – №. 2. – С. 254-261.
4. Андрияшин А. В. и др. Система предиктивной аналитики для энергетических объектов // Управление развитием крупномасштабных систем: Материалы XII Международная конференция – 2019. – С. 566-570.
5. Javaid M. et al. Enabling flexible manufacturing system (FMS) through the applications of industry 4.0 technologies //Internet of Things and Cyber-Physical Systems. – 2022. – Т. 2. – С. 49-62.
6. Li C. et al. Deep reinforcement learning in smart manufacturing: A review and prospects //CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology. – 2023. – Т. 40. – С. 75-101.

7. Wang J. et al. Hybrid physics-based and data-driven models for smart manufacturing: Modeling, simulation, and explain ability //Journal of Manufacturing Systems. – 2022. – Т. 63. – С. 381-391.
8. Ikegwu A. C. et al. Big data analytics for data-driven industry: a review of data sources, tools, challenges, solutions, and research directions //Cluster Computing. – 2022. – Т. 25. – №. 5. – С. 3343-3387.
9. Rosário A. T., Dias J. C. How has data-driven marketing evolved: Challenges and opportunities with emerging technologies //International Journal of Information Management Data Insights. – 2023. – Т. 3. – №. 2. – С. 100203.
10. Strielkowski W. et al. Prospects and challenges of the machine learning and data-driven methods for the predictive analysis of power systems: A review //Energies. – 2023. – Т. 16. – №. 10. – С. 4025.
11. Posselt G. et al. Combining machine tool builder and operator perspective towards energy and resource efficiency in manufacturing //Re-engineering Manufacturing for Sustainability: Proceedings of the 20th CIRP International Conference on Life Cycle Engineering, Singapore 17-19 April, 2013. – Springer Singapore, 2013. – С. 209-214.
12. Pimenov D. Y. et al. Resource saving by optimization and machining environments for sustainable manufacturing: A review and future prospects //Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2022. – Т. 166. – С. 112660.

Pavel Yu. Gusev - Cand. Sc. (Technical), Associate Professor
(e-mail: pgusev@cchgeu.ru)

Voronezh State Technical University

Alexander V. Tavalzhanskij - postgraduate student

(e-mail: tavalzhanskij.a@yandex.ru)

Voronezh State Technical University

THE APPLICATION OF PREDICTIVE ANALYTICS IN THE QUEST TO ENHANCE THE EFFICIENCY OF ELECTRIC POWER INDUSTRY COMPANIES

Abstract. The article considers the application of predictive analytics to reduce the number of equipment failures and improve the efficiency of industrial enterprises, in particular, electric power complexes of different purposes. The key features, problems to be solved, main approaches and methods are considered.

Keywords: predictive analytics, data analysis, forecasting, machine learning, electric power industry.

АНАЛИЗ И РЕАЛИЗАЦИЯ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕГО АВТОМАТИЧЕСКОГО ВВОДА РЕЗЕРВА В СИСТЕМАХ ПРОМЫШЛЕННОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Дорофеев Кирилл Борисович, студент

(e-mail: barkovo2002@gmail.com)

Зацепина Виолетта Иосифовна, д.т.н., профессор

Липецкий государственный технический университет, г. Липецк, Россия

В данной работе рассматривается метод быстрогодействующего автоматического ввода резерва (БАВР) в промышленных электросистемах, основанный на векторном анализе специальных мощностях в фазах ввода. Представлен алгоритм обнаружения нарушений электроснабжения и его реализация, включая дополнительные условия для повышения надежности.

Ключевые слова: Автоматический ввод резерва, БАВР, надежность электроснабжения, защита, короткое замыкание.

В условиях современных промышленных предприятий, характеризующихся высокой степенью автоматизации и сложными технологическими процессами, надежность электроснабжения приобретает ведущее значение [1,2,3]. Перерывы в электроснабжении могут привести к значительным экономическим потерям, технологическим сбоям и даже угрозе безопасности персонала. В связи с этим, системы быстрогодействующего автоматического ввода резерва (БАВР) играют критически важную роль в обеспечении бесперебойного питания ответственных потребителей. Данная статья посвящена анализу и детальному рассмотрению одного из способов реализации быстрогодействующего АВР, основанного на векторном анализе специальных мощностей в фазах ввода, с целью повышения оперативности и надежности функционирования систем электроснабжения [1-5].

Данный способ обнаружения нарушений нормального режима электроснабжения базируется на анализе знаков специальных мощностей, рассчитываемых для каждой фазы ввода секций распределительного устройства (РУ) [4,5]. Математически, данные мощности определяются следующим образом:

$$\begin{cases} T_a = R_e(U_{bc}I_a e^{-j\varphi_{мч}}) \\ T_b = R_e(U_{ac}I_b e^{-j\varphi_{мч}}), \#(1) \\ T_c = R_e(U_{ab}I_c e^{-j\varphi_{мч}}) \end{cases}$$

где:

- T_a, T_b, T_c - специальные мощности, вычисленные для фаз а, b и с соответственно;
- U_{bc}, U_{ac}, U_{ab} - векторы линейных напряжений между соответствующими фазами;
- I_a, I_b, I_c - векторы фазных токов;

• $\varphi_{мч}$ - угол максимальной нечувствительности, определяющий долю участия активной и реактивной составляющих мощности в алгоритме.

Физический смысл данных мощностей заключается в определении направления потока энергии. Положительное значение мощности указывает на передачу энергии от источника к нагрузке, в то время как отрицательное значение свидетельствует об обратном направлении потока, от нагрузки к источнику. Оптимальное значение угла $\varphi_{мч}$, обеспечивающее высокую чувствительность и помехоустойчивость алгоритма, близко к значению 45° .

При возникновении коротких замыканий (КЗ) в питающей сети или при близких внешних КЗ, происходит инверсия направления векторов мощностей T_a, T_b, T_c через вводной выключатель. Характер изменения направления мощности зависит от типа КЗ: при трехфазном КЗ инверсия происходит во всех трех фазах, при междуфазном КЗ - в двух фазах, а при однофазном КЗ - в одной фазе. Обнаружение изменения направления мощности хотя бы в одной фазе служит триггерным сигналом для инициирования процедуры АВР. В случае КЗ в электрической сети за вводным выключателем, изменения направлений мощностей не наблюдается, и устройство БАВР блокируется, предотвращая ложное срабатывание. Для обеспечения высокой надежности и достоверности функционирования устройства АВР, в алгоритм введены дополнительные условия, позволяющие исключить ложные срабатывания и повысить помехоустойчивость: критерий минимального тока и критерий минимального напряжения [3,4,5]. Критерий минимального тока нужен для предотвращения срабатывания АВР при несанкционированном отключении выключателя в цепи питания (например, при обрыве), производится сравнение фазных токов с заданным минимальным значением $I_{уст}$:

$$I_a, I_b, I_c < I_{уст} \#(2)$$

При выполнении данного условия, свидетельствующего об отсутствии тока в цепи, иницируется процедура переключения электропитания на резервный источник. Критерий минимального напряжения нужен для корректной работы алгоритма в условиях снижения напряжения на секции РУ (например, при КЗ), предусмотрена проверка линейных напряжений на соответствие заданному минимальному значению $U_{уст}$:

$$U_{ab}, U_{bc} \text{ или } U_{ac} < U_{уст} \#(3)$$

В случае, если напряжение на секции РУ оказывается ниже установленного порога, для расчетов используются значения напряжений с резервной секции, что обеспечивает корректное определение направления мощностей.

Представленный в статье способ автоматического включения резервного электропитания, основанный на векторном анализе специальных мощностей в фазах ввода и дополненный критериями минимального тока и напряжения, обеспечивает высокую скорость реакции на нарушения в системе электроснаб-

жения и позволяет реализовать одноканальный принцип управления АВР. Это, в свою очередь, способствует повышению быстродействия и надежности функционирования систем промышленного электроснабжения, что является одним из наиболее важных факторов для обеспечения непрерывности технологических процессов и минимизации экономических потерь.

Список литературы

1. Макашкин Ф.А., Ашмарин А.О. Применение дифференциального органа в функции БАВР для повышения чувствительности и улучшения быстродействия // Информационные технологии в электротехнике и электроэнергетике: XII Всероссийская научно-техническая конференция (Чебоксары, 05 июня 2020 года) / Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 2020. С 392-394.
2. Гумиров Д.Т. Оценка влияния кратковременных нарушений электроснабжения на работу потребителей нефтедобывающих предприятий и разработка устройства АВР для надежного их электропитания: дис... канд. техн. наук. - М.: МЭИ, 2010. - 209 с
3. Никулов, И., Жуков, В, Пупин, В. Комплекс БАВР. Быстродействие повышение надежности электроснабжения [Текст] // Новости Электротехники. 2012. - №4 (76). – С. 2-4.
4. Садыбек Т.А., Телегенов Х., Внедрение устройства микропроцессорного АВР и исследование режима подстанции «ПС-220кВ» Узень для повышения надежности системы промышленного электроснабжения // Вестник Союза инженеров энергетиков РК. 2018. №2(65). С. 70-73.
5. Гамазин С.И., Садыбек Т.А. и др. Устройство быстродействующего микропроцессорного АВР нового поколения // Вестник МЭИ. 2012. №3. С. 43-47.

Dorofeev Kirill Borisovich, student

Zacepina Violetta Iosifovna, Doctor of Technical Sciences, Professor

E-mail: barkovo2002@gmail.com

Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

ANALYSIS AND IMPLEMENTATION OF HIGH-SPEED AUTOMATIC INPUT OF RESERVE IN INDUSTRIAL POWER SUPPLY SYSTEMS

This paper discusses a method of high-speed automatic input reserve (HAIR) in industrial power systems based on vector analysis of special powers in input phases. An algorithm for detecting power supply failures and its implementation, including additional conditions for improving reliability, is presented.

Key words: Automatic input reserve, BAVR, power supply reliability, protection, short circuit.

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ МЕБЕЛИ ИЗ ПРИРОДНЫХ КОМПОЗИТОВ

Дьякова Юлия Алексеевна, студент
(upikhvan@mail.ru)

Стородубцева Тамара Никаноровна, д.т.н., профессор
(tamara-tns@yandex.ru)

Шабанов Михаил Леонидович, к.т.н., доцент
(lpmsis@vgtla.vrn.ru)

Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г. Ф. Морозова

В статье рассматриваются активно появляющиеся инновационные технологии, такие как нанотехнологии, 3D-печать и биodeградируемые полимеры, которые способствуют улучшению механических свойств и функциональности мебели. Рисунок натуральных материалов хорошо выглядит в любом интерьере. Кроме того, дерево подлежит окрашиванию и дополнительной обработке, может покрываться разными видами лаков, что адаптирует его под требования разных направлений дизайна.

Ключевые слова: инновационные технологии, природные композиты, дизайн мебели.

В наше время люди все чаще начинают задумываться о экологии и эстетике. Современные тенденции мебельной индустрии заключаются как в экологически чистом и безопасном производстве, так и в использовании натуральных материалов для производства мебели. Различные техники обработки и специальное оборудование позволяют получить долговечное изделие, устойчивое к воздействию внешних факторов.

Один из главных факторов, способствующих популярности природных материалов, – это растущая осведомленность о необходимости заботы об окружающей среде. Устойчивость становится важным аспектом мебельного производства, и компании, предлагающие мебель из возобновляемых ресурсов, получают преимущество на рынке. Ручная работа и использование натуральных материалов создают ощущение аутентичности, что особенно важно для тех, кто хочет создать уютную и «живую» атмосферу в своем доме.

Природные композиты: определение и состав. Композиты – многокомпонентные изделия изготовленные природой из двух или более компонентов, состоящие из наполнителя и матрицы, или связующего. Они обладают различными свойствами, благодаря чему в совокупности такие материалы прочнее. Роль связующего в природных композитах играют различные типы смол, в том числе и молекулы белка, задача которых прочно склеить частицы наполнителя между собой. К таким компонентам могут относиться древесина, растительные волокна и биополимеры. Из-за особой структуры композиционных материалов, они обладают высокой прочностью и жесткостными свойствами. Многие композиты характеризуются не только экстремально высокими физико-

механическими свойствами, но и входят в состав конструкций, обладающих длительной стойкостью к переменным нагрузкам. Их применение гораздо экологичнее по сравнению с обычными (искусственными) полимерными композитами, которые содержат опасные химические вещества [1, 2].

Инновационные технологии в производстве. Современная мебельная индустрия все чаще стремится к использованию инновационных и устойчивых материалов. Рассмотрим несколько новаторских методов:

1. Нанотехнологии: В ближайшем будущем использование наноматериалов в мебели может привести к снижению потребности в клеях и функциональном текстиле. При производстве древесных композитов, таких как древесностружечные плиты, MDF или OSB, нанотехнологии могут помочь увеличить долговечность композитного материала. Нанотехнология используется, например, при разработке биоцидов для защиты древесины от вредителей или грибов [3].

2. 3D-печать: 3D-печать – это процесс создания трехмерных объектов на основе цифровой модели. В отличие от традиционных технологий, которые предполагают вырезание или формование материалов, технология 3D-печати основана на аддитивном принципе: материал добавляется послойно до полного формирования объекта. Она способствует минимизации отходов, поскольку материал используется в точном соответствии с требованиями проекта. Это позволяет значительно снизить себестоимость производства и повысить его экологическую чистоту. Этот подход открывает возможности для создания изделий с высокой степенью детализации и сложной геометрией, недоступных при использовании традиционных методов.

3. Биodeградируемые полимеры: биоразлагаемые полимеры становятся все более популярными вместе с ростом интереса к устойчивому производству и потреблению в дизайне мебели. Это экологически чистый выбор, т.к. материалы разлагаются в природе без вреда для окружающей среды. Экологически устойчивый дизайн мебели подразумевает использование регенерируемых материалов. По истечении срока службы предмет может быть переработан и превращен в новый продукт [4, 5].

Дизайн и функциональность. Мебель, изготовленная из дерева, камня, бамбука, хлопка и других природных материалов, помогает создать ощущение связи с природой. Современные дизайнеры нацелены на создание функциональных и эстетически привлекательных предметов интерьера, используя натуральные текстуры и оттенки, которые выглядят дорого и эстетически приятно и создают комфортное и гармоничное пространство [5].

Перспективы развития. Новые материалы в мебельной индустрии открывают новые горизонты для дизайнеров и производителей. Они позволяют создавать мебель, которая не только функциональна и эстетична, но и соответствует современным требованиям по экологичности и устойчивости. Также можно ожидать появление новых технологий, которые сделают использование природных материалов еще более эффективным. Разработки в области переработки дре-

весных отходов и создание композитных материалов на основе природных волокон могут открыть новые горизонты для мебельной индустрии [6, 5].

Заключение. Возвращение к природным материалам в мебельной индустрии - это не только тренд, но и важный шаг к созданию более устойчивого и гармоничного мира. Мебель из дерева, камня, глины и текстиля не только придает интерьеру природную эстетику, но и способствует снижению негативного воздействия на окружающую среду. В будущем использование природных материалов будет играть ключевую роль в формировании экологичной и комфортной среды обитания, где каждый предмет мебели отражает заботу о природе и человеческих ценностях, а инновационные решения помогут сделать мебель более долговечной, устойчивой и привлекательной для потребителей (рис.).

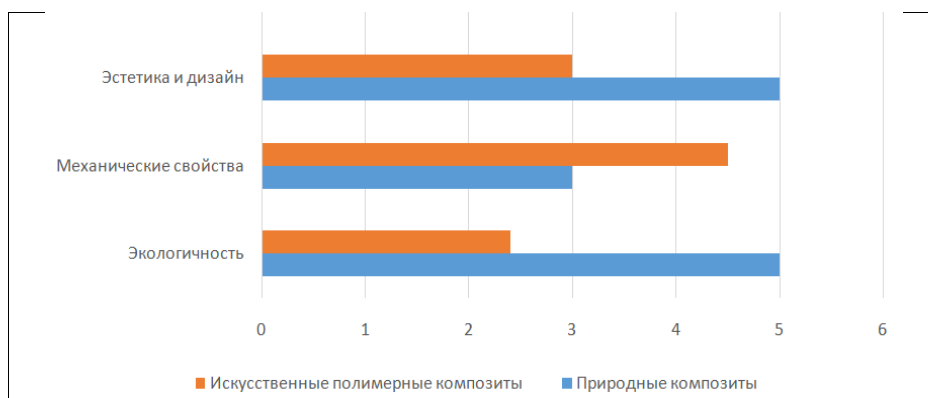


Рисунок - Диаграмма сравнения свойств искусственных и природных композитов

Список литературы

1. Смирнова Т.Ю., Иванов, Д. А. (2022). Новые материалы для мебельного дизайна: природные композиты и их применение / Дизайн и технологии, 10(4), Новосибирск: Издательство «Сибирское обозрение». - С. 112-119.
2. Журнал натуральных волокон. Инновационные применения кокосового волокна в производстве мебели / Р.К. Гош 2020. Том 17, Выпуск 3, с. - 301-310.
3. Шевченко, О. В., Громова, Л. И. (2021). Инновационные методы переработки природных материалов для создания мебели / Шевченко, О. В., Громова, Л. И. Нижний Новгород: Издательство «Научный мир» 4(2), с. 50-56.
4. Тюлькина А. В. Зеленые технологии как способ снижения экологических рисков мебельного производства // Культура и экология – основы устойчивого развития России. Культурные и экологические императивы современной экономики. Часть 1: материалы Международного форума (Екатеринбург, 13–15 апреля 2020 г.). – Екатеринбург: ООО «Издательство УМЦ УПИ», 2020. - С. 189-192. (дата обращения: 21.02.2025).
5. Новые материалы в мебели: инновации и устойчивость [Электронный ресурс] // Everprof : [сайт]. URL: <https://everprof.ru/blog/novye-materialy-v-mebeli-innovaczii-i-ustojchivost/> (дата обращения: 26.02.2025).

6. Стородубцева Т.Н. Аксомитный А.А. Современные композиционные материалы для гражданского строительства : монография / Воронеж. гос. лесотехн. ун-т им. Г.Ф. Морозова. - Воронеж, 2021. - 143 с.

Dyakova Yulia Alekseevna., student

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russia, Voronezh

Storodubtseva Tamara Nikanorovna, Doctor of Technical Sciences, Prof.

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russia, Voronezh

Shabanov Mikhail Leonidovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russia, Voronezh

INNOVATIVE APPROACHES TO CREATING FURNITURE FROM NATURAL COMPOSITES

Abstract. The article discusses rapidly emerging innovative technologies such as nanotechnology, 3D printing and biodegradable polymers, which help improve the mechanical properties and functionality of furniture. The pattern of natural materials looks good in any interior. In addition, wood can be painted and additionally processed, and can be coated with different types of varnish, which adapts it to the requirements of different design directions.

Keywords: innovative technologies, natural composites, furniture design.

СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ КОМПЛЕКТНОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА 10/0.4 КВ СЭЩ-80

Игонин Семён Олегович, студент

(don_don73@mail.ru)

Билалова Алиса Ильдаровна, к.т.н. доцент

(bilalova_alisa@mail.ru)

Ульяновский государственный технический университет

Статья посвящена анализу систем защиты, эксплуатационных особенностей и современных технологий, реализованных в комплектном распределительном устройстве (КРУ) 10/0.4 кВ СЭЩ-80 производства компании «Snhiderelectric». Рассматриваются ключевые аспекты: принципы работы максимальной токовой, дифференциальной и защиты от замыканий на землю, применение токов нулевой последовательности и схемы неполного треугольника. Особое внимание уделено обеспечению надежности через оперативный ток, интеграции с цифровыми системами (IEC 61850, Modbus) и методам испытаний, соответствующим международным стандартам (ГОСТ Р 51321.1, IEC 62271-200).

Ключевые слова: КРУ 10/0.4 кВ, Максимальная токовая защита, СЭЩ-80, Дифференциальная защита трансформатора, трансформаторы тока нулевой последовательности

Современные энергосистемы — это сложные инженерные комплексы, где надежность и безопасность стоят на первом месте. Комплексные распределительные устройства (КРУ), такие как СЭЩ-80 от компании «Snhiderelectric», играют ключевую роль в распределении электроэнергии, обеспечивая не только её передачу, но и защиту от аварийных режимов. Эти устройства проектируются с учетом жестких требований международных стандартов, таких как IEC 62271-200 и ГОСТ Р 51321.1, что гарантирует их устойчивость к коротким замыканиям, перегрузкам и внешним воздействиям [1, 2]. В основе их работы лежит комплекс систем защиты, которые взаимодействуют друг с другом, образуя многоуровневый механизм безопасности.

Максимальная токовая защита (МТЗ) — один из ключевых элементов в этом комплексе. Её задача — обнаруживать сверхтоки, вызванные короткими замыканиями или перегрузками, и отключать поврежденный участок цепи. Принцип работы МТЗ основан на сравнении текущего значения тока с заранее заданной уставкой. Если ток превышает этот порог, защита срабатывает либо мгновенно, либо с выдержкой времени, которая определяется времятоковой характеристикой. Например, для кабельных линий 10 кВ часто применяется характеристика IEC Standard Inverse, математически описывающая зависимость времени отключения от величины тока [3]. Современные микропроцессорные терминалы, такие как SEPAM серии 40, позволяют гибко настраивать эти параметры, учитывая номинальный ток линии, ожидаемые токи короткого замыкания и необходимость селективности. Селективность здесь крайне важна: уставки на отходящих линиях делают на 20% ниже, чем на вводе, чтобы гарантировать, что первым сработает выключатель, ближайший к месту аварии. Для проверки корректности работы МТЗ используются методы первичной инжекции тока, когда через трансформаторы тока (ТТ) пропускают токи, имитирующие аварийные режимы, а также анализ осциллограмм, записывающих параметры сети до, во время и после срабатывания защиты [5].

Дифференциальная защита трансформатора — ещё один критически важный компонент, особенно для силовых трансформаторов 10/0.4 кВ. Её суть заключается в сравнении токов на сторонах высшего (ВН) и низшего напряжения (НН). В нормальном режиме, при отсутствии повреждений, сумма токов, приведенных к одному уровню напряжения, равна нулю. Однако при возникновении межвитковых замыканий или замыканий на землю возникает дисбаланс, который фиксируется микропроцессорными терминалами. Например, для трансформатора мощностью 1000 кВА уставка срабатывания обычно устанавливается на уровне 20–30% от номинального тока, а время отклика не превышает 100 мс, чтобы предотвратить разрушение обмоток. Важным нюансом является компенсация углового сдвига в трансформаторах с соединением «звезда-треугольник», где возникает сдвиг фаз на 30°, корректируемый алгоритмами защиты. Кроме того, современные системы, такие как SEPAM, используют анализ гармоник для блокировки ложных срабатываний при насыщении ТТ — явлении, когда трансформаторы тока теряют точность из-за чрезмерных токов короткого замыкания.

Особое место в системе защит СЭЩ-80 занимает обнаружение замыканий на землю (ЗЗН). В сетях 10 кВ с изолированной нейтралью токи утечки малы, что осложняет их обнаружение. Здесь применяются трансформаторы тока нулевой последовательности (ТНП) — кольцевые устройства, охватывающие все три фазных проводника. Они фиксируют сумму токов фаз, и при появлении дисбаланса, вызванного замыканием одной из фаз на землю, генерируют сигнал, пропорциональный току утечки. Например, если фаза С замыкается на землю через сопротивление 50 Ом, ТНП регистрирует ток $I_{3I_0} = 8 \text{ A}$, что превышает уставку в 5 А, и реле защиты инициирует отключение линии через 0.5 секунды. В сетях 0.4 кВ с глухозаземленной нейтралью аналогичную функцию выполняют УЗО, сравнивающие токи в фазном и нулевом проводниках. Эти устройства обеспечивают защиту людей от поражения током при уставках 30–300 мА и предотвращают возгорания при токах утечки свыше 500 мА.

Для экономии ресурсов без ущерба для надежности в СЭЩ-80 может применяться схема неполного треугольника. Вместо трех трансформаторов тока в этой схеме используются два, установленные в фазах А и С. Их вторичные обмотки соединяются последовательно, формируя напряжение, пропорциональное току нулевой последовательности. Это решение снижает затраты на оборудование на 30%, сохраняя чувствительность к однофазным замыканиям [3]. Однако такая схема не реагирует на симметричные перегрузки, что требует её комбинации с другими видами защит, такими как МТЗ. В сравнении с полным треугольником, где три ТТ обеспечивают реакцию на все виды КЗ, неполный треугольник становится компромиссом, оправданным в условиях ограниченного бюджета.

Оперативный ток — основа работы всех перечисленных систем. В СЭЩ-80 он может быть как постоянным, питаемым от аккумуляторных батарей 220 В, так и переменным, получаемым через трансформаторы собственных нужд (ТСН). Постоянный ток обеспечивает бесперебойную работу защит даже при полном обесточивании, что критично в аварийных сценариях. Современные гелевые аккумуляторы, такие как OPzV, служат до 15 лет и не требуют обслуживания, что делает их идеальным выбором для критически важных объектов [3]. Цепи управления вакуумными выключателями VS1, микропроцессорные терминалы и системы АВР питаются от этого источника, гарантируя мгновенное отключение поврежденных участков. Для повышения надежности в СЭЩ-80 внедряются системы мониторинга АКБ, отслеживающие напряжение, температуру и емкость в реальном времени, а также ИБП с двойным преобразованием, обеспечивающие чистый синус на выходе даже при нестабильном входном напряжении.

Интеграция КРУ СЭЩ-80 в цифровые системы управления — ещё один шаг в эволюции энергетики. Поддержка протоколов IEC 61850 и Modbus позволяет дистанционно настраивать уставки, анализировать осциллограммы аварийных событий и интегрировать устройства в системы Smart Grid. Например, датчики температуры и частичных разрядов, установленные в ячейках КРУ, передают данные в облачные платформы, где алгоритмы машинного обучения прогнози-

руют износ изоляции и рекомендуют графики технического обслуживания [4]. Это не только повышает надежность, но и снижает эксплуатационные расходы за счет перехода от плановых ремонтов к прогнозным.

Испытания КРУ перед вводом в эксплуатацию включают не только проверку защит, но и комплекс механических и климатических тестов. Устройства подвергаются 500 циклам «включение-отключение» выключателей, чтобы убедиться в износостойкости контактов [1]. Термо-вибрационные испытания имитируют работу в диапазоне от -40°C до $+50^{\circ}\text{C}$, что особенно актуально для регионов с экстремальным климатом [1]. Тесты на электромагнитную совместимость (ЭМС) подтверждают устойчивость к помехам до 20 кВ/мкс, гарантируя работу в условиях промышленных предприятий с большим количеством мощного оборудования [2].

Взгляд в будущее показывает, что КРУ СЭЩ-80 продолжают эволюционировать, интегрируя инновационные решения. Например, замена традиционных аккумуляторов на суперконденсаторы позволит сократить время заряда и увеличить срок службы систем резервирования. Внедрение блокчейн-технологий может обеспечить децентрализованный учет энергии в микросетях, а биометрическая аутентификация повысит защиту от несанкционированного доступа. Эти изменения сделают энергосистемы не только надежными, но и адаптивными к вызовам современности, таким как рост доли возобновляемых источников энергии и увеличение пиковых нагрузок.

Таким образом, КРУ СЭЩ-80 — это пример гармоничного сочетания проверенных временем решений и цифровых инноваций. От корректной работы максимальной токовой защиты до бесперебойного питания оперативных цепей — каждый элемент системы вносит вклад в общую надежность. Понимание этих механизмов позволяет инженерам не только эксплуатировать оборудование, но и оптимизировать его под конкретные условия, обеспечивая бесперебойное энергоснабжение потребителей в любых условиях.

Список литературы

1. ГОСТ Р 51321.1-2007. Устройства комплектные низковольтные. Общие технические условия.
2. IEC 62271-200:2020. High-voltage switchgear and controlgear. AC metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV.
3. Руководство по эксплуатации КРУ СЭЩ-80. Snhiderelectric, 2022.
4. Статья: «Цифровизация подстанций: опыт внедрения IEC 61850». Журнал «Электроэнергия. Передача и распределение», №5, 2021.
5. Техническая документация SEPAM серии 40. Schneider Electric, 2020.

Igonin Semion Olegovich, student

Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk, Russia

Bilalova Alisa Ildarovna Candidate of Technical Sciences, associate professor

Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk, Russia

PROTECTION SYSTEMS AND OPERATIONAL ASPECTS OF COMPLETE SWITCHGEAR 10/0.4

Abstract. The article is devoted to the analysis of protection systems, operational features and modern technologies implemented in the complete switchgear (switchgear) 10/0.4 kV SESH-80 manu-

factured by “Snhiderelectric”. The key aspects are considered: principles of operation of the maximum current, differential and earth fault protection, application of zero sequence currents and incomplete delta scheme. Special attention is paid to ensuring reliability through operating current, integration with digital systems (IEC 61850, Modbus) and test methods in accordance with international standards (GOST R 51321.1, IEC 62271-200).

Keywords: 10/0.4 kV switchgear, Maximum current protection, BMS-80, Transformer differential protection, zero sequence current transformers

ДИСТАНЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ БЛОКАМИ СБОРОК 0,4 КВ: СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ

Игонин Семён Олегович, студент

(don_don73@mail.ru)

Билалова Алиса Ильдаровна, к.т.н., доцент

(bilalova_alisa@mail.ru)

Ульяновский государственный технический университет

В условиях стремительной цифровизации энергетических систем и роста требований к надежности электроснабжения дистанционное управление низковольтными распределительными устройствами становится неотъемлемым элементом современных энергокомплексов. Блоки сборок 0,4 кВ, выполняющие функции распределения и защиты электроэнергии, сегодня всё чаще интегрируются в системы автоматизированного управления, что позволяет не только повысить безопасность эксплуатации, но и оптимизировать ресурсы.

Дистанционное управление блоками сборок 0,4 кВ базируется на сочетании аппаратных и программных решений, объединенных в единый контур взаимодействия. Сердцем системы выступают программируемые логические контроллеры (ПЛК), такие как Siemens S7-1200 или Schneider Modicon, которые обеспечивают сбор данных с датчиков, анализ параметров сети и генерацию управляющих аналоговых сигналов (ток, напряжение) в цифровые данные, а также исполнительные устройства — мотор-приводы выключателей и контакторы, способные выполнять команды без участия оператора [2].

Не менее важна коммуникационная инфраструктура. Промышленные протоколы связи, такие как Modbus RTU/TCP или Profibus, обеспечивают стабильный обмен информацией между компонентами системы, а SCADA-платформы (например, Ignition или WinCC) визуализируют процессы, позволяя оператору в режиме реального времени отслеживать состояние сети [3, 7]. Современные решения также активно задействуют беспроводные технологии — GSM-модемы и IoT-шлюзы, что особенно актуально для удаленных объектов, где прокладка кабельных линий экономически нецелесообразна.

Функционирование системы начинается со сбора данных: токовые трансформаторы и датчики температуры непрерывно передают информацию о нагрузке, состоянии шин и оборудования на контроллер. Алгоритмы, заложенные

в ПЛК, анализируют эти данные, выявляя аномалии — от перегрузок до коротких замыканий [6]. Например, при превышении допустимого тока система может автоматически отключить неключевых потребителей или переключиться на резервный ввод, минимизируя простой.

Практическим примером может служить управление вводными автоматами. Установка интеллектуальных расцепителей, таких как Schneider Micrologic, позволяет не только дистанционно включать или отключать питание, но и прогнозировать износ оборудования на основе анализа исторических данных [5]. Внедрение подобных решений особенно востребовано на промышленных предприятиях, где даже кратковременный сбой в энергоснабжении может привести к значительным убыткам.

Главное достоинство дистанционного управления — повышение безопасности. Операторы больше не обязаны находиться вблизи потенциально опасного оборудования, что снижает риски травматизма. Кроме того, автоматизация процессов сокращает время реакции на аварии: система способна за миллисекунды отреагировать на КЗ, тогда как человеку для этого потребовались бы минуты [1].

Энергоэффективность — ещё один ключевой аспект. Мониторинг параметров сети в реальном времени позволяет оптимизировать нагрузку, избегая перерасхода энергии. Например, «умное» распределение мощности между фазами устраняет перекосы, снижает потери и продлевая срок службы оборудования.

Однако внедрение таких систем сопряжено с техническими сложностями. Одной из основных проблем остается совместимость оборудования от разных производителей. К примеру, интеграция устройств Schneider Electric и Siemens может потребовать использования дополнительных шлюзов или OPC-серверов, что усложняет архитектуру и повышает стоимость проекта. Не менее критична надежность каналов связи: обрыв Ethernet-кабеля или сбой GSM-сигнала способны парализовать управление. Решением становится резервирование каналов и применение промышленных коммутаторов с поддержкой кольцевых топологий (Ethernet Ring Protocol).

Сфера дистанционного управления развивается в русле общих трендов Industry 4.0. Технологии IoT открывают новые горизонты: облачные SCADA-платформы, такие как ThingsBoard, позволяют получать доступ к данным через веб-интерфейс из любой точки мира, а предиктивная аналитика на основе машинного обучения прогнозирует отказы оборудования до их возникновения.

Отдельного внимания заслуживает концепция цифровых двойников. Создание виртуальной копии распределительного устройства позволяет тестировать сценарии управления в безопасной среде, оптимизировать настройки и обучать персонал без риска для реального оборудования. Например, компания ABB уже предлагает решения в рамках платформы ABB Ability™, где данные с датчиков синхронизируются с цифровой моделью в режиме реального времени [4].

Дистанционное управление блоками сборок 0,4 кВ — это не просто технологическая инновация, а необходимость, продиктованная требованиями к надежности, безопасности и эффективности современных энергосистем. Несмотря на

существующие вызовы, такие как вопросы совместимости и надежности связи, преимущества внедрения очевидны: от снижения эксплуатационных расходов до минимизации человеческого фактора. Будущее отрасли видится в глубокой интеграции AI, расширении использования облачных технологий и переходе к автономным самонастраивающимся сетям. Для инженеров-электриков, занимающихся пуско-наладкой, освоение этих технологий становится не просто профессиональным преимуществом, но и обязательным условием соответствия вызовам новой энергетической эпохи.

Таким образом, дистанционное управление перестает быть опцией и превращается в стандарт, формирующий основу для устойчивого и технологически продвинутого энергетического ландшафта.

Список литературы

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). 7-е издание. — М.: Минэнерго РФ, 2003. — 485 с.
2. ГОСТ Р 51321.1-2007. Устройства комплектные низковольтные распределения и управления. Часть 1. Общие требования. — М.: Стандартинформ, 2007. — 89 с.
3. IEC 60870-5-104:2006. Telecontrol equipment and systems. Transmission protocols. — Geneva: IEC, 2006.
4. ABB Ability™ Smart Power: Technical Manual. — Zurich: ABB Group, 2021. — 120 p.
5. Schneider Electric. Masterpact MTZ: Installation Guide. — Rueil-Malmaison: Schneider Electric, 2022. — 64 p.
6. Бартош А.И., Шевченко В.В. Релейная защита и автоматизация систем электроснабжения. — М.: Энергоатомиздат, 2018. — 320 с.
7. Козлов В.А., Петров С.К. SCADA-системы в энергетике. — СПб.: Политехника, 2019. — 256 с.

Igonin Semion Olegovich, student

(email: don_don73@mail.ru)

Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk, Russia

Bilalova Alisa Ildarovna Candidate of Technical Sciences, associate professor

(email: bilalova_alisa@mail.ru)

Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk, Russia

REMOTE CONTROL OF 0.4 KV ASSEMBLY UNITS: MODERN SOLUTIONS AND IMPLEMENTATION PERSPECTIVES

Abstract. In this article the key aspects of realization of remote control of such systems, their advantages, technical nuances and actual trends shaping the future of the industry are considered.

Keywords: remote control, 0,4 kV assembly, automata control, digital doubles, GSM-modem, programmable logic controllers

К РАЗРАБОТКЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КОРМЛЕНИЙ В СВИНАРНИКАХ

Коняева Наталья Ивановна, преподаватель

Назаренко Юрий Владимирович, старший преподаватель

Коняев Николай Васильевич, к.т.н., доцент

Курский государственный университет имени И. И. Иванова

Рассмотрены особенности в системах кормораздачи свиноводческих помещений. Предложена технологическая схема раздачи корма с элементами автоматического управления на базе поперечного тросошайбового кормораздатчика с дополнительными бункерами для добавок и лекарств.

Ключевые слова: свиноводство, кормораздающий транспортер, комбикорм, трос, кормушка, автоматическое управление, реверс, шайба.

Свиноводство является одним из наиболее развивающихся и перспективных направлений в животноводческой отрасли. В настоящее время на территории РФ строится большое количество новых комплексов и реконструируется старые. По целевым показателям развития свиноводства прирост производства свинины к 2030 году планируется до 6,8 млн. тонн. Современная технология свиноводства подразумевает интенсивную организацию ведения всех технологических процессов. В отрасли внедряются достижения в автоматизации, робототехнике, холодильном оборудовании. Это повышает выход продукции, уровень глубины переработки, сроки хранения готовых продуктов из охлажденной свинины. По прогнозам, к концу 2025 года более 90% отечественных свиноводческих предприятий по техническому и технологическому уровню всего процесса производства и переработки свиного мяса будут соответствовать высоким мировым стандартам.

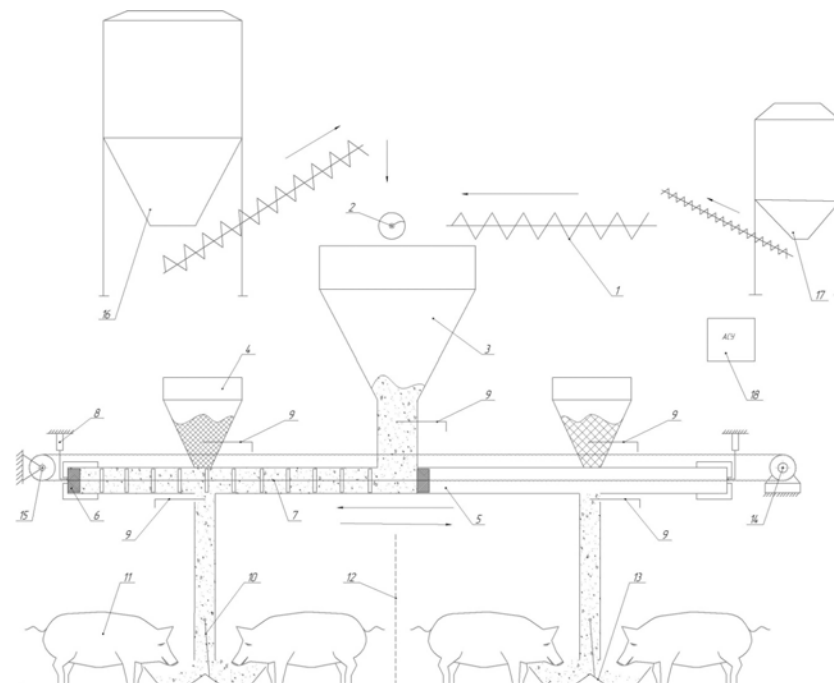
Одним из наиболее ответственных технологических процессов является процесс кормораздачи и кормления животных. Современная интенсивная технология выращивания свиней подразумевает сухой тип кормления, когда животных кормят концентрированными сухими кормами (комбикормом) [1]. Можно отметить, что раньше применялось кормление свиней на основе влажных мешанок, но на сегодняшний день этот способ затратен и неэффективен [2].

Существующие здания для содержания свиней по своей конструкции - это протяженные прямоугольные помещения, у которых длина, превышает ширину здания в 5...10 раз. В таких помещениях кормопровод располагается по всему периметру здания и представляет собой замкнутый контур.

В свиноводческих помещениях для раздачи корма применяются тросошайбовые или спиральные стационарные кормораздатчики, когда по кормопроводу в форме трубы корм перемещается рабочим органом, состоящим из троса с закрепленного на нем шайбами или плоской спиралью. Обычно с торца здания располагается бункер концентрированных кормов и трос с шайбами перемещает его по трубе через всю длину помещения. В итоге вся труба заполняется кормом и на привод кормораздатчика приходится большое усилие, из-за которого часто выходят из строя. Еще одним недостатком расположения

кормораздатчиков по длине помещения является то, что если в помещении находятся разные половозрастные группы, то им невозможно выдать комбикорм по разным рецептам.

Решить эти проблемы можно, если применить в помещении несколько кормораздатчиков, расположенных поперечно длинной оси здания. Технологическая схема такого способа кормораздачи показана на рисунке 1.



1 – поперечный подающий транспортер; 2 – продольный подающий транспортер; 3 – бункер кормов; 4 – бункер для добавок; 5 – труба кормораздатчик; 6 – упор; 7 – трос с шайбами; 8 – конечный выключатель; 9 – дозирующая задвижка; 10 – регулятор-задвижка в кормушке; 11 – животное; 12 – стенка секции; 13 – кормушка; 14 – привод; 15 – обводной ролик; 16 – общий бункер БСК; 17 – бункер отдельных рецептов; 18 – система автоматического управления.

Рисунок 1 – Предлагаемая технологическая схема раздачи корма в свиноводческом помещении

Здесь кормораздатчик обслуживает две секции животных. Если в помещении находятся животные одной половозрастной группы и им нужен один рецепт комбикорма, то корм может в поперечные кормораздатчики подаваться общим продольным шнековым транспортером 2, куда он предварительно поступает загрузочным транспортером из общего бункера БСК 16 [3]. Если нужен определенный корм для этой секции животных, то его можно загрузить в бункер 3 при помощи поперечного транспортера 1 из отдельных бункеров 17 со своими ре-

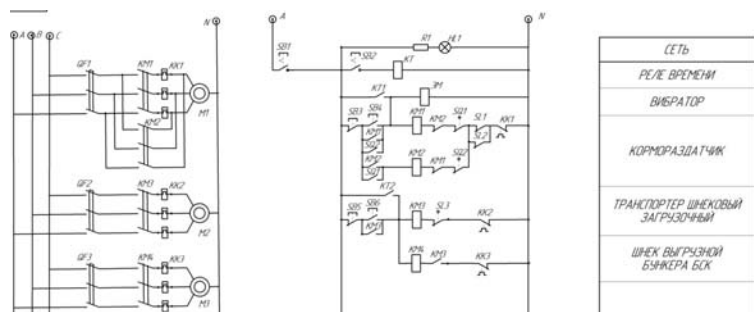
цептами. Принцип работы поперечного кормораздающего транспортера следующий: первоначально заполняется кормом бункер 3, далее оператор или система автоматического управления [4,5] 18 включает привод кормораздающего транспортера 14, который перемещает холостую ветвь тороса с зацепами в одну из сторон помещения, при этом по трубе 5 перемещается рабочая ветвь троса с шайбами 7, корм из бункера 3 попадает на шайбы и перемещается в конец трубы, там упор 6 отключает конечный выключатель 8. Во время перемещения корма по трубе, он просыпается в загрузочную трубу кормушки 13, где его поедают животные 11.

Аналогично происходит подача корма в противоположную ветвь кормораздатчика, для чего включается реверс и рабочая ветвь с шайбами и кормом перемещается в противоположную сторону помещения.

Раздача корма начинается по команде оператора, в соответствии с программой кормления. Запуск осуществляется кнопками SB1 и SB2.

Бункер кормораздатчика заполняется следующим образом: включается загрузочный транспортер кнопками SB6 или контактами рыле времени KT2, магнитный пускатель KM3 запускает двигатель M2 и блок-контактом KM3 включает выгрузной шнек бункера БСК. Загрузка осуществляется пока не сработает датчик уровня SL3, наличие корма в последнем бункере.

Магнитный пускатель KM1 запускает двигатель M1 тросово-шайбового кормораздатчика, проходит раздача корма в первую кормушку, нажав конечный выключатель SQ1 включает реверсирование, происходит раздача во вторую кормушку. Нажав конечный выключатель SQ2 включает реверсирование и процесс повторяется до тех пор пока кормушки не заполнятся, сработают датчики уровня SL1 и SL2 и отключат раздатчик.



АКТУАЛЬНОСТЬ ВОПРОСА ВОССТАНОВЛЕНИЯ И УПРОЧНЕНИЯ ИЗНОШЕННЫХ ВАЛОВ КРЕСТОВИНЫ КАРДАННОГО ВАЛА ХГДН

Крикунов Евгений Дмитриевич, аспирант
(krikunov-evgenii@mail.ru)

Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова

В данной статье представлены инновационные методы восстановления и упрочнения изношенных валов крестовины карданного вала с использованием технологии холодного газодинамического напыления (ХГДН).

Ключевые слова: газодинамическое напыление, металлические порошки, ХГДН, крестовина дифференциала.

Восстановление изношенных деталей является актуальной задачей в современном промышленном производстве и эксплуатации техники. Это связано с рядом факторов, которые делают процесс восстановления предпочтительным выбором по сравнению с полным производством новых запасных частей. Восстановление изношенных деталей позволит сократить потребление сырья, что способствует сохранению природных ресурсов, снизится объем отходов в производствах, и уменьшится количество ключевых ресурсов необходимых для производства, которыми являются электроэнергия и сырье в виде металла.

Рассмотрим основные аспекты и причины актуальности восстановления и упрочнения изношенных деталей:

- 1.Экономическая эффективность (Восстановление изношенных деталей обычно дешевле производства новых).
- 2.Сохранение ресурсов (Снижается выброс токсичных веществ в экологию и уменьшается расход сырья).
- 3.Технологическое развитие (Такие как ХГДН дает новые возможности для эффективного восстановления деталей).
- 4.Доступность и скорость (Восстановление может быть выполнено быстрее, чем ожидание поставки новых деталей)
- 5.Продление срока службы оборудования (Упрочнение дорогостоящих деталей перед ремонтом).

Крестовины в сельскохозяйственной технике играют важную роль в обеспечении передачи крутящего момента в карданных валах. Они соединяют различные части трансмиссионной системы, обеспечивая гибкость и подвижность, необходимые для работы техники на неровных поверхностях. Из-за условий эксплуатации крестовины подвержены значительным нагрузкам и износу.

Во время эксплуатации транспортного средства на вал дифференциала заднего моста воздействует большая нагрузка. Главными факторами, влияющими на повышенный износ, являются:

- Недостаточное или некачественное смазывание
- Перегрузка
- Агрессивный стиль вождения
- Несоосности компонентов трансмиссии

- Попадание загрязнений
- Износ уплотняющих прокладок и сальников.

Контроль этих факторов могут значительно продлить срок службы заднего дифференциала и повысить надежность работы транспортного средства в целом. Регулярное техническое обслуживание и профилактика — ключ к минимизации износа и предотвращению серьезных отказов.



Рисунок 1 – Основные виды дефектов вала дифференциала

Холодное газодинамическое напыление (ХГДН)— это процесс, при котором частицы порошка разгоняются до высоких скоростей с помощью газового потока и ударяются о поверхность подложки, образуя покрытие. Данный метод (ХГДН) в перспективе должен помочь восстановить и упрочнить изношенные валы крестовин дифференциала. Ведь покрытия, нанесенные методом ХГДН, обладают высокой износостойкостью и коррозионной стойкостью. Процесс позволяет избежать значительного нагрева, что исключает риск термической деформации или изменению микроструктуры базового материала.

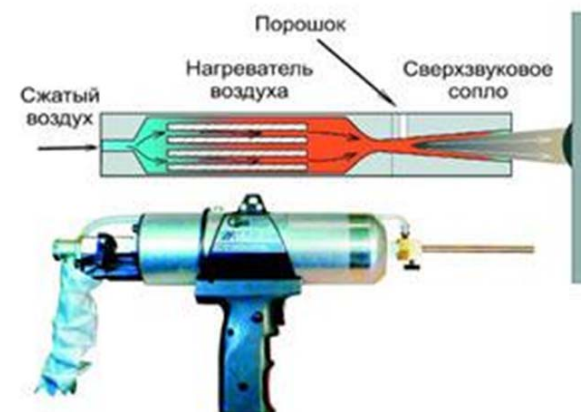


Рисунок 2 – Схема процесса холодного газодинамического напыления

Список литературы

1. Агеев, Е. В. Восстановление и упрочнение деталей автотракторной техники порошками, полученными электроэрозионным диспергированием отходов твердых сплавов / Е. В. Агеев, Р. А. Латыпов // Международный научный журнал. – 2011. – № 5. – С.103-106.
2. Агеев, Е. В. Техническое обслуживание и ремонт машин в АПК : учебное пособие/ Е. В. Агеев, С. А. Грашков. – Курск : Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2019. – 185 с. – ISBN 978-5-907205-85-7
3. Агеев, Е. В. Восстановление корпусных деталей агрегатов автомобиля КГП с электроэрозионными материалами / Е. В. Агеев, С. А. Грашков, С. В. Хардинов. –Курск : Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2020. – 174 с. –ISBN 978-5-907356-02-3.
4. Влияние подготовки поверхности на прочность сцепления электроосажденных покрытий/ Серебровский В.И., Серникова О.С., Кончин В.А.// Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 1 (46). С. 79-85.
5. Калущий, Е.С. Повышение прочности деталей при электроосаждении железных покрытий / В.И. Серебровский, Л.Н. Серебровская, Е.С. Калущий // Эффективность применения инновационных технологий и техники в сельском и водном хозяйстве. сб. науч. ст. Междунар. науч.-практ. конф. – 2020. – С. 55-57.
6. Агеев, Е. В. Совершенствование технологии восстановления головок блока цилиндров путем применения порошковых электроэрозионных материалов / Е. В. Агеев, Е. П. Новиков, И. П. Емельянов // Мир транспорта и технологических машин. – 2016. – № 4(55). – С. 33-39. – EDN XDNBFJ.
7. Агеев, Е. В. Прочностные характеристики газодинамических покрытий на головках блоков цилиндров, полученных порошковыми электроэрозионными материалами / Е. В. Агеев, Е. П. Новиков, А. Н. Новиков // Мир транспорта и технологических машин. – 2018. – №1(60). – С. 35-41. – EDN XMPWMH.
8. Новиков, Е. П. Исследование ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ ВОССТАНОВЛЕННОЙ ГБЦ с использованием электроэрозионных материалов / Е.П. Новиков, Е. В. Агеев // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации : Сборник научных трудов XIII Международной научно-практической конференции, Курск, 15–16 марта 2018 года / Ответственный редактор А.А. Горохов. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2018. – С. 148-151. – EDN YUZNCL.

Krikunov Evgeniy Dmitrievich, graduate student

(e-mail: Krikunov-evgenii@mail.ru)

Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov, Kursk, Russia

RELEVANCE OF THE ISSUE OF RESTORATION AND STRENGTHENING OF WORN CROSS-JOINT SHAFTS OF THE CARDAN SHAFT OF THE SHAFT BY COLD GAS DYNAMIC SPRAYING

Abstract: This article presents innovative methods for restoring and strengthening worn cardan shaft crosspieces using cold gas-dynamic spraying (CGDS) technology.

Keywords: gas-dynamic spraying, metal powders, CGDS, differential crosspiece.

DOI 10.47581/2025.SXA-12/Likov-Dmirtriy-01

**СОВРЕМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ХОЛОДНОГО
ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ**

Лыков Дмитрий Владимирович, аспирант

(Lyk2021@bk.ru)

ФГБОУ ВО Курский ГАУ

Технологии высокоскоростного напыления покрытий относятся к прогрессивным ресурсосберегающим технологиям, позволяющим значительно уменьшить производственные и эксплуатационные затраты на оборудование, а также снизить нагрузку на окружающую среду. Они находят применение в промышленном производстве и ремонте различных видов техники и оборудования и используются в самых разнообразных отраслях народного хозяйства. В настоящее время всё большее распространение получает технология холодного газодинамического напыления (ХГДН), теоретические основы которой были заложены в 80-е гг. прошлого века. Ввиду её сравнительной новизны, число предприятий, серийно выпускающих оборудование для ХГДН, как и само разнообразие такого оборудования, во всем мире невелико.

В статье приводится краткий сравнительный обзор современного оборудования для ХГДН, представленного на мировом рынке, рассматриваются его преимущества и недостатки. Обращается внимание на отсутствие в линейке оборудования отечественного производителя установок ХГДН высокого давления.

Ключевые слова: высокоскоростное напыление покрытий, холодное газодинамическое напыление, промышленное оборудование, ресурсосберегающие технологии

Технологии высокоскоростного напыления покрытий относятся к прогрессивным ресурсосберегающим технологиям, применяемым в промышленном производстве и ремонте различных видов техники и оборудования и используемым в самых разнообразных отраслях народного хозяйства – авиакосмической [5], энергетической, химической и нефтегазовой [3], в агропромышленном комплексе [2], судостроении и судоремонте [6] и мн. др. Их применение позволяет значительно уменьшить производственные и эксплуатационные затраты на оборудование путем экономии сырья, материалов и энергоресурсов, и, вместе с тем, снизить нагрузку на окружающую среду.

Наряду с широко применяемыми и хорошо зарекомендовавшими себя технологиями газотермического нанесения покрытий, в настоящее время всё большее распространение получает сравнительно новая технология холодного газодинамического напыления (ХГДН). Её теоретические основы были заложены в 80-е гг. прошлого века советскими учеными А.П. Алхимовым, В.Ф. Косаревым и А.Н. Папыриным [1], обнаружившим, в ходе исследований взаимодействий с преградой двухфазного потока, эффект осаждения на преграде слоя металлических частиц при достижении потоком некоторой критической скорости (свыше

500 м/с). Указанный эффект лег в основу технологии ХГДН, практическое освоение которой началось в 2000-е гг. [7].

Технология ХГДН обладает, по сравнению с «традиционными» технологиями, такими, как сварка и наплавка, рядом преимуществ, в числе которых незначительное температурное воздействие на материал подложки, сравнительная простота применяемого оборудования и возможность его исполнения в малогабаритном варианте, возможность нанесения покрытий в нормальных условиях (при атмосферном давлении в воздушной среде), экологическая и производственная безопасность. Вместе с тем, данная технология может быть отнесена к числу развивающихся, в связи с чем число предприятий, серийно выпускающих оборудования для ХГДН, как и само разнообразие такого оборудования, невелико.

Немецкой компанией CGT выпускается промышленная установка *Kinetiks-3000* (рис. 1), относящаяся к классу оборудования высокого давления ускоряющего газа (3,0...4,0 МПа) и отличающаяся высокой производительностью. В качестве рабочего газа в установке используются гелий или азот, расход которых составляет до 4 м³/мин. Наряду с высоким энергопотреблением (47 кВт), значительным уровнем шума и необходимостью стационарной установки оборудования, это обстоятельство можно отнести к факторам, в некоторой степени нивелирующим указанные выше преимущества технологии ХГДН и ограничивающим сферу применения данной установки [8].



Рисунок 1 Общий вид установок ХГДН *Kinetiks-3000* (CGT, Германия) (слева) и *KM HDR* (Inovati, США) (справа)

Сходными характеристиками обладает установка *Kinetic Metallization (KM) HDR* производства компании *Inovati* (США) (рис. 1), однако в её комплектацию входит звукоизолирующая камера и роботизированный манипулятор, позволяющие управлять процессом нанесения покрытия дистанционно и снизить возможный вред для здоровья оператора установки. Наряду с *KM HDR*, компания *Inovati* производит также установки *KM Gen4*, относящиеся к классу оборудования низкого давления (от 0,35 МПа) и характеризующиеся более компактными размерами и низким энергопотреблением (2,5 кВт), однако также использующие в качестве рабочего газа гелий, что ограничивает их применение, несмотря на высокую эффективность осаждения напыляемого материала и хорошую производительность [9].

Компания *Titomic* (Австралия) производит линейку установок для ХГДН, включающую как относительно малогабаритные аппараты (серия *D*), так и полностью роботизированные промышленные системы (*TFK1000*), а также полный спектр порошковых материалов.

Промышленные установки *TFK1000* (рис. 2) выгодно отличаются от аналогов, рассмотренных выше, возможностью применения в качестве рабочего газа для ускорения порошковых частиц не только азота и гелия, но и атмосферного воздуха. Данная особенность продукции *Titomic* является еще большим преимуществом для малогабаритных установок *Titomic D523* и *D623*, предназначенных для использования на небольших предприятиях и в ремонтных мастерских.

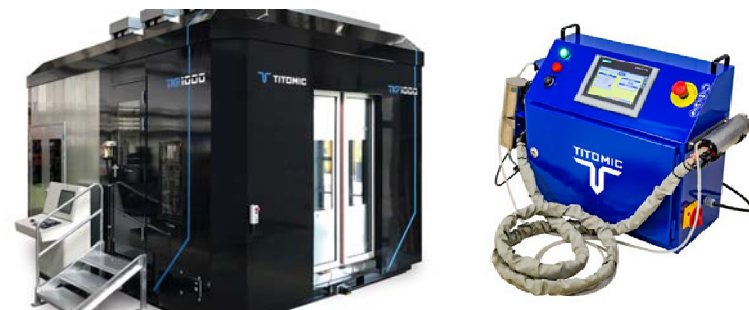


Рисунок 2 Общий вид установок ХГДН *Titomic TFK1000* (слева) и *D523* (справа) производства *Titomic* (Австралия)

Последние характеризуются экономным энергопотреблением (3,3 кВт), сравнительно высокой производительностью и эффективностью использования порошковых материалов, однако их высокая цена и наличие гарантийных требований производителя к использованию только оригинальных порошковых материалов производства *Titomic* являются ограничивающими факторами их применения [10].

В нашей стране, начиная с 1990-х гг., предпринималось несколько попыток разработки и организации серийного производства установок для ХГДН. В частности, в 2000 – 2005 гг. ЗАО «Итерметкомпозит» осуществляло опытное и мелкосерийное производство малогабаритных установок ХГДН *НГА-5*, созданных на основе собственных исследований и разработок [4]. Их особенностью было использование промежуточных параметров давления (1...1,5 МПа) и расхода (2 м³/мин) рабочего газа, в качестве которого использовался атмосферный воздух. Разработчиками предполагалось, что такое оборудование будет востребовано, прежде всего, малыми предприятиями и ремонтными мастерскими, в связи с чем оно было ориентировано на ручное нанесение покрытий, и поставлялось по весьма демократичной цене, доступной не только малому бизнесу, но и частным лицам. Вместе с тем, низкая общая производительность и невысокая эффективность использования порошковых материалов в сочетании с высокой

потребляемой мощностью (до 18 кВт) ограничились спрос на это оборудование, в связи с чем оно было снято с производства. Последнему также поспособствовали, по-видимому, узость спектра доступных порошковых материалов и новизна технологии, незнакомой достаточно широкому кругу потенциальных покупателей.

В настоящее время в России разработка и производство установок для ХГДН осуществляется Обнинским центром порошкового напыления (ОЦПН), выпускающим оборудование под маркой ДИМЕТ (рис. 3).



Рисунок 3 Общий вид установок ХГДН ДИМЕТ-404 (слева) и ДИМЕТ-425 (справа) производства ОЦПН (Россия)

Установки ДИМЕТ характеризуются сбалансированными по требованиям к ускоряющему газу и порошковым материалам характеристиками, сравнительно низким энергопотреблением и простотой использования. Линейка производимых ОЦПН установок включает как оборудование общего назначения, пригодное, в том числе, для ручной работы, так и промышленное оборудование для выполнения специализированных задач.

Линейка оборудования ДИМЕТ общего (универсального) назначения включает установки, сходные по своим техническим характеристикам и отличающиеся особенностями исполнения в соответствии с назначением. Все они используют в качестве рабочего газа атмосферный воздух, расход которого составляет 0,4...0,45 м³/мин при рабочем давлении 0,5...1 МПа, имеют производительность 1...6 г/мин и характеризуется невысокой потребляемой мощностью (2,9...3,3 кВт). В состав линейки входят портативные аппараты для ручной работы (ДИМЕТ-405 и ДИМЕТ-412), малогабаритные установки, имеющие возможность как ручного, так и автоматизированного использования (ДИМЕТ-404 и ДИМЕТ-421), а также полустационарное оборудование для производственных помещений (ДИМЕТ-425).

Низкая, по сравнению с импортными аналогами, цена, использование в качестве рабочего газа атмосферного воздуха, возможность как ручного, так и автоматизированного нанесения покрытий и широкий спектр напыляемых материалов являются преимуществами оборудования ДИМЕТ, практически нивелирующими присущие ему особенности, такие, как сравнительно невысокая про-

изводительность малогабаритных и портативных установок общего назначения и сравнительно низкая эффективность использования порошковых материалов.



Рисунок 4 Специализированные установки ХГДН производства ОЦПН (Россия): ДИМЕТ-ГП-3 (слева), ДИМЕТ-С-3 (в центре) и ДИМЕТ-С-5 (справа)

Помимо установок универсального назначения, ОЦПН выпускается также оборудование для выполнения специализированных работ (рис. 4): автоматизированный комплекс ГП-3, предназначенный для ремонта газоперекачивающего оборудования, комплекс С-3, ориентированный на нанесение покрытий на электроды, используемые в электролизерах при производстве алюминия, и установку С-5 для нанесения порошковых покрытий на однородные плоские детали.

Таким образом, несмотря на небольшое число производителей оборудования ХГДН, представленных на мировом рынке, ими предлагается достаточно разнообразный спектр установок, покрывающий потребности как промышленного производства, так и ремонтных предприятий, в т.ч. малых. На отечественном рынке наиболее представлена продукция российского производителя – Обнинского центра порошкового напыления (ОЦПН), производящего под маркой ДИМЕТ широкую линейку оборудования для ХГДН, включающую как установки универсального назначения, в т.ч. малогабаритные и портативные, пригодные для ручной и автоматизированной работы, так и специализированные комплексы. В то же время следует отметить отсутствие в линейке оборудования ОЦПН установок ХГДН высокого давления, потребность в которых имеется у крупных промышленных предприятий.

Список литературы

1. Алхимов, А. П. Метод «холодного» газодинамического напыления / А.П. Алхимов, В.Ф. Косарев, А.Н. Папырин // Доклады Академии наук. – Российская академия наук, 1990. – Т. 315. – №. 5. – С. 1062-1065.
2. Андреева, Е. В. Ресурсосберегающие технологии газотермического напыления при ремонте машин АПК / Е. В. Андреева // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. – 2010. – № 1. – С. 291.
3. Балдаев, Л.Х. Преимущества использования методов газотермического напыления при ремонтах и производстве оборудования энергетической, химической и нефтегазовой промышленности / Л.Х. Балдаев, Е. А. Панфилов, С. Л. Балдаев, Г. М. Селезнев // Экспозиция: Нефть Газ. – 2007. – №17. – С. 30-31.

4. Краткий обзор технологического оборудования для холодного газодинамического напыления / Ю. А. Кузнецов, В. В. Гончаренко, К. В. Кулаков, А. А. Гайдук // Новые материалы и технологии в машиностроении. – 2012. – № 16. – С. 56-59.

5. Крупский, Р. Ф. Ресурсосберегающие технологии нанесения специальных покрытий на авиационную технику / Р. Ф. Крупский, А. Е. Балагурова // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению: Материалы V Международной научно-практической конференции, Комсомольск-на-Амуре, 06–11 декабря 2021 года. – Комсомольск-на-Амуре, 2022. – С. 206-209.

6. Сорокин, В. А. Проблемы реновации судовых ДВС / В. А. Сорокин // Двигателестроение. – 2018. – № 4(274). – С. 24-30.

7. Холодное газодинамическое напыление покрытий (обзор) / И. А. Козлов, К. А. Лещев, А. А. Никифоров, С. А. Демин // Труды ВИАМ. – 2020. – № 8(90). – С. 77-93.

8. Garmeh, S. Numerical study on particle behavior and deposition accuracy in cold spray additive manufacturing / S. Garmeh, M. Jadidi // Coatings. – 2022. – Vol. 12. – № 10. – P. 1546.

9. Han, C. Cold spray for ceramic metallisation: a review / C. Han, Z. Wang, L. Ma, B. Ma, G. Huang, Y. Ma // Advances in Applied Ceramics. – 2021. – Vol. 120. – №5-8. – P. 358-380.

10. Parmar, H. Manufacturing and cold spraying of hybrid composites – A path for metallizing thermoset matrix composites / H. Parmar, F. Rubino, F. Tucci, G. Rotella, P. Poza, P. Carlone // Surface and Coatings Technology. – 2024. Vol. 489. – P. 131-144.

Lykov Dmitry Vladimirovich, postgraduate student
(Lyk2021@bk.ru)

Kursk State Agricultural Academy

MODERN EQUIPMENT FOR COLD SPRAYING

Abstract: High-speed coating technologies are progressive resource-saving technologies that significantly reduce production and operating costs of equipment, as well as reduce the burden on the environment. They are used in industrial production and repair of various types of machinery and equipment and are used in a wide variety of sectors of the national economy. Currently, the technology of cold gas dynamic spraying is becoming increasingly widespread, the theoretical foundations of which were laid in the 80s of the last century. Due to its comparative novelty, the number of enterprises mass-producing cold spray equipment, as well as the very variety of such equipment, is small worldwide.

The article provides a brief comparative overview of modern cold spray equipment presented on the world market, its advantages and disadvantages are considered. Attention is drawn to the absence of high-pressure cold spray installations in the equipment line of the domestic manufacturer.

Keywords: high-speed coating spraying, cold gas dynamic spraying, industrial equipment, resource-saving technologies

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Мамонова Людмила Геннадьевна, к.э.н., доцент
(e-mail: mamonova_lg@mail.ru)

Новосельцев Владимир Михайлович, преподаватель
(e-mail: novoselcev-vladimir@mail.ru)

Курский государственный аграрный университет имени И.И.Иванова

В настоящей работе проведен анализ особенностей оценки системы электроснабжения с точки зрения показателей надежности ее работы. Указаны способы рассмотрения систем электроснабжения сельскохозяйственного назначения в контексте надежной системы.

Ключевые слова: электроснабжение, надежность, сельскохозяйственное производство.

Расчет надежности систем электроснабжения сводится к определению одного или нескольких количественных показателей на основе исходных характеристик надежности оборудования [1,2]. Однако, не смотря на, кажущуюся простоту такой постановки задачи, проблемы расчета надежности систем электроснабжения связаны с решением достаточно сложных теоретических и практических задач. Для расчета надежности необходимо следующее:

- составить математическое описание явлений, связанных с ненадежной работой оборудования;
 - принять некоторые характеристики в качестве меры надежности;
 - составить математическую модель для расчета;
 - провести необходимые расчеты;
 - показать адекватность этой модели рассматриваемым процессам.
- Известно, что системы электроснабжения относятся к человеко-машинным системам, предназначенным для производства, передачи и распределения электроэнергии, и имеют специфические особенности [3,4]:
- непрерывное и неразрывное единство производства, распределения и потребления электроэнергии;
 - многоцелевое использование электроэнергии и невозможность ее складирования;
 - наличие большого количества источников и потребителей электроэнергии;
 - непрерывное развитие систем электроснабжения.

Эти особенности электроэнергетических систем делает невозможным постановку в широком масштабе экспериментальных исследований и предопределяют использование теоретических методов с применением исходной информации по материалам эксплуатации.

При проведении таких исследований необходимо учитывать специфику сельских электрических сетей — большую протяженность, разветвленность и малую плотность нагрузок, что усложняет задачу повышения надежности. Большое число глухих ответвлений несекционированных сетей приводит к отклю-

чению всей линии при повреждении в любой точке. Указанное обстоятельство диктует необходимость рационального размещения средств секционирования с целью локализации поврежденного участка сети.

Следует отметить также недостаточное использование в проектных и эксплуатационных организациях расчетных данных о надежности и отсутствие полной и достоверной информации о повреждаемости элементов на местах [5,6]. Данные о надежности сетей напряжением до 1000 В вообще практически отсутствуют.

В настоящее время имеются технические средства для обеспечения необходимого уровня надежности электроснабжения сельскохозяйственных потребителей. Однако широкое их использование сдерживается из-за больших затрат. Сетевое резервирование в условиях сельских сетей чаще всего экономически нецелесообразно и не применяется. Кольцевые перемычки между линиями соседних районных подстанций лишь отчасти решают задачу сетевого резервирования, и их строительство во многих случаях также не всегда оправдано.

Проблему повышения надежности следует рассматривать как технико-экономическую, сопоставляя затраты на проведение дополнительных мер с уменьшением ущерба от перерывов электроснабжения [7,8].

Исследование проблемы надежности систем электроснабжения связано с выбором методов расчета. При этом необходимо учитывать то обстоятельство, что структура является одним из основных факторов, обуславливающих надежность современных систем.

Исследование структуры системы электроснабжения предполагает выделение в ней как в едином целом отдельных элементов, самостоятельных в смысле надежности. Такой подход к надежности предполагает применение элементарных методов расчета и анализа надежности, которые получили широкое распространение не только в энергетике, но и в других областях техники. Применение элементарных методов расчета связано также с тем, что они отражают реальные особенности функционирования систем и позволяют решать широкий круг задач по исследованию надежности.

Особенностью функционирования систем электроснабжения является то обстоятельство, что отказ элемента системы может не локализоваться в нем самом, а может привести к отключению неотказавших элементов и коммутационных устройств. Поэтому структурная схема надежности отличается от электрической схемы, и возникает самостоятельная задача по составлению расчетных схем сложных систем.

Второй составляющей надежности системы электроснабжения является функциональная надежность, обусловленная особенностями режимных реализаций в электрической схеме, ограничениями режимов и пропускных способностей элементов при изменении структуры в различных состояниях.

Деление на структурную и функциональную составляющие носит условный характер ввиду их взаимосвязи и взаимной обусловленности.

Преимущественное распространение в практике работы проектных и эксплуатационных организаций получили элементарные методы расчета надежности.

На практике избыточность электрических сетей выступает в следующих формах.

1. Резервирование, т. е. повышение надежности путем введения структурной (дублирование элементов), функциональной (дублирование функциональных связей), временной (предоставление дополнительного времени для выполнения задания), информационной избыточности.

2. Совершенствование схемно-конструктивных решений и качества применяемых электротехнических изделий.

3. Совершенствование системы планово-предупредительных ремонтов и технических обслуживаний электрооборудования.

4. Разработка и внедрение автоматизированных систем контроля и управления процессами в электроэнергетических системах.

В проектных расчетах обычно анализируется система относительно небольшого размера, а общая система проектируется по частям. В эксплуатации чаще возникает задача оценки надежности схем большого размера, содержащих сотни, а иногда тысячи элементов.

Список литературы

1. Богатырев Д.А., Калущий Е.С. К вопросу прогнозирования уровня надежности электроснабжения сельскохозяйственных потребителей // В сборнике: Электроэнергетика сегодня и завтра. сборник научных статей 3-й Международной научно-технической конференции. Курск, 2024. С. 48-51.
2. Бурлаков В.Н., Калущий Е.С. К вопросу о надежности систем электроснабжения сельскохозяйственных потребителей // В сборнике: Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении. Сборник научных статей Всероссийской научно-технической конференции. Отв. редактор Е.В. Смоленцев. Воронеж, 2023. С. 103-106.
3. Руденко С.Б., Калущий Е.С. К вопросу об электроснабжении удаленных сельскохозяйственных объектов // В сборнике: СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ. сборник научных статей 12-й Международной научно-практической конференции. Курск, 2022. С. 326-329.
4. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Серебровский А.В., Калущий Е.С., Серебровская Л.Н. Применение солнечных электростанций для электроснабжения сельскохозяйственных потребителей // В сборнике: Современные ресурсоэффективные технологии и технические средства в АПК. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Ответственный за выпуск С.Н. Петрова. Курск, 2021. С. 121-126.
5. Калущий Е.С., Степашов Р.В., Хомяков Д.С., Штань Н.О. К вопросу об электромагнитных областях и полях воздушных линий электропередач // В сборнике: Агропромышленный комплекс: контуры будущего. Материалы IX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2018. С. 172-175.
6. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Гнездилова Ю.П., Калущий Е.С. Анализ влияния предельных нормативных значений медленных изменений напряжения // В книге: АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ АПК. Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2021. С. 20-23.
7. Руденко С.Б., Калущий Е.С. Исследование ветродизельных комплексов, используемых в автономных системах электроснабжения // В сборнике: СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ,

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ. сборник научных статей 12-й Международной научно-практической конференции. Курск, 2022. С. 322-326.

8. Мосолов М.А., Штань В.К., Калущий Е.С. Особенности технического обслуживания электрооборудования в условиях сельскохозяйственного производства // В сборнике: Электроэнергетика сегодня и завтра. сборник научных статей 3-й Международной научно-технической конференции. Курск, 2024. С. 199-202.

Mamonova Lyudmila Gennadyevna, PhD in Economics, Associate Professor

Novosel'tsev Vladimir Mikhailovich, Lecturer

(e-mail: mamonova_lg@mail.ru)

Kursk State Agrarian University, Kursk

TO THE QUESTION OF ASSESSING THE RELIABILITY OF CONSUMERS' POWER SUPPLY

This paper analyzes the features of assessing the power supply system from the point of view of its reliability indicators. Methods for considering agricultural power supply systems in the context of a reliable system are indicated.

Keywords: power supply, reliability, agricultural production.

ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ИСПОЛНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОВОДКИ ЖИЛЫХИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Морозов Никита Владимирович, студент

(e-mail: sub-zerowins-02@mail.ru)

Мясоедова Марина Анатольевна, к.т.н., доцент

(e-mail: lady.mysosedova@yandex.ru)

Мамонova Людмила Геннадьевна к.т.н., доцент

(e-mail: mamonova_lg@mail.ru)

Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова

В данной статье описаны основные схемы заземления электроустановок, для обеспечения безопасной работы, описаны примеры применения схем в производстве.

Ключевые слова: схема, сеть, напряжение, замыкание, заземление, ток, проводник.

Обеспечение электрической энергией потребителей сложный процесс, важным качеством которого помимо напряжения, частоты и силы тока является безопасность. Большую роль в обеспечении безопасности играет заземление.

Заземление, в соответствии с Правилами устройства, электроустановок (ПУЭ) — преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки сети, электроустановки или оборудования с заземляющим устройством.

Различают защитное и рабочее заземление:

Защитное заземление — заземление, выполняемое в целях электробезопасности (на схеме «РЕ»).

Рабочее (функциональное) заземление — заземление точки или точек токоведущих частей электроустановки, выполняемое для обеспечения работы электроустановки (на схеме «N»).

Схемы заземления электрических установок разделяются на:

- Схемы заземления для установок до 1000 В
- Схемы заземления для установок до и выше 1000 В

Схемы заземления для установок до 1000 В бывают:

- TN
- TT
- IT

В свою очередь схема TN делятся на:

- TN-C
- TN-S
- TN-C-S

В аббревиатуре TN-C, T – «terre» (Земля) указывает на то, что притающий трансформатор заземлен, N – «Neuter» (Нейтраль) означает, что линия соединена с глухозаземленной нейтралью трансформатора, C – «Combined»

(Комбинированный) указывает на то, что защитное заземление и рабочее заземление объединены на всём протяжении в проводник PEN. Данная сеть предусматривает «зануление». Зануление – система безопасности, в которой корпус электроприбора присоединяется к нейтрали. Зануление в быту запрещено. Система TN-C является устаревшей.

В сети TN-S, S "Separated" (раздельный). Обозначает наличие раздельных проводников N и PE. Данная схема подразумевает разделение проводников N и PE на всём их протяжении от питающей подстанции до потребителя. Эта система превосходит остальные, но из-за своей дороговизны предпочтение отдается системе TN-C-S.

Сеть TN-C-S отличается от остальных тем, что имеет PEN проводник, разделенный на каком-то его участке, как правило разделение происходит в распределительном щитке на N и PE проводники. Данная сеть наиболее широко распространена в наше время и за счет своей технологичности и дешевизны.

В системе TT нейтраль трансформатора глухо заземлена, но потребитель в свою очередь имеет индивидуальное заземление, не имеющее связи с нейтралью трансформатора. Такая система применяется в сетях, в которых небезопасно использовать заземление от трансформатора или если проводник не удовлетворяет требованиям ПУЭ.

В системе IT нейтраль трансформатора изолирована от «земли», поэтому потребитель заземляет установку самостоятельно. Данная система применяется в условиях повышенной опасности (шахты, рудники, ГЭС) или при использовании чувствительного оборудования (медицинские учреждения, научные лаборатории).

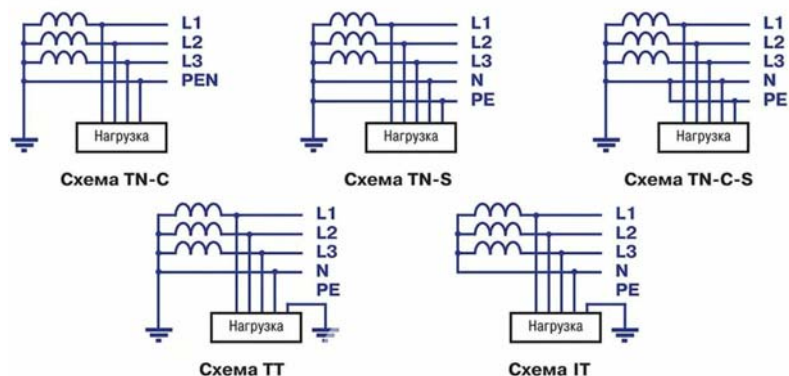


Рисунок 1 – схемы заземления

Сети напряжением более 1000 В, в основном работают в режиме с изолированной нейтралью. Опасность данных сетей заключается в то, что при КЗ на землю область радиусом 8 м становится опасной, поэтому в целях безопасности применяют компенсирующие или дугогасящие реакторы.

Реактор представляет собой изолированную катушку, закрепленного на бетонных колоннах. Во время замыкания на землю реактор производит индуктивные токи, которые уравнивают емкостные токи, которые образуются в месте пробоя на землю, таким образом происходит компенсирование электрической дуги и максимальному её гашению.



Рисунок 2 – дугогасящий реактор

В сетях 110 – 150 кВ используется эффективное заземление нейтрали. В таких системах питающий трансформатор глухо заземляется, при КЗ в сетях с эффективно заземленной нейтралью напряжение на неповрежденных фазах

возрастает не более чем в 1,4 раза, что значительно удешевляет процесс производства ЛЭП, т.к. затраты на изоляцию токоведущих частей уменьшаются.

Таким образом существует системы для обеспечения безопасности для любых электротехнических устройств, начиная от бытовой техники, заканчивая высоковольтными линиями электропередач.

Список литературы

1. Мясоедова М.А., Мамонова Л.Г. ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО КОМПЛЕКСА // В сборнике: ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА. Сборник научных статей Всероссийской научно-технической конференции. Курск, 2023. С. 148-150.
2. Юшков А.В., Мясоедова М.А., Жуков Я.И. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ СНИЖЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙ НА ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ // В сборнике: Современные проблемы и направления развития агроинженерии в России. сборник научных статей 3-й Международной научно-технической конференции. Курск, 2023. С. 174-176.
3. Юшков А.В., Мясоедова М.А. ЦИФРОВИЗАЦИЯ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ: ПРЕИМУЩЕСТВА И ВЫЗОВЫ // В сборнике: Поколение будущего: Взгляд молодых ученых-2023. Сборник научных статей 12-й Международной молодежной научной конференции. В 4-х томах. Курск, 2023. С. 308-311.
4. Мясоедова М.А., Ароян А.В. К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ // В сборнике: ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА СЕГОДНЯ И ЗАВТРА. Сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. Курск, 2023. С. 392-395.
5. Мясоедова М.А., Мамонова Л.Г. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЯ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ // В сборнике: Роль аграрной науки в устойчивом развитии АПК. Материалы III Международной научно-практической конференции, посвященной
6. Мясоедова М.А., Ароян А.В. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ // В сборнике: Современные ресурсоэффективные технологии и технические средства в АПК. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Ответственный за выпуск С.Н. Петрова. Курск, 2021. С. 5-10.
7. Мамонова, Л. Г. Перспективы развития современной энергетики / Л. Г. Мамонова, М. А. Мясоедова // Молодежь и XXI век - 2022 : Материалы 12-й Международной молодежной научной конференции. В 4-х томах, Курск, 17–18 февраля 2022 года / Отв. редактор М.С. Разумов. Том 4. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 236-238. – EDN ANRDYF.
8. Мамонова, Л. Г. Качество электрической энергии в системах электроснабжения и способы его моделирования / Л. Г. Мамонова, М. А. Мясоедова // Региональный вестник. – 2018. – № 1(10). – С. 8-9. – EDN UQXDFT.
9. Мясоедова, М. А. Актуальные проблемы и перспективы энергосетевого комплекса России / М. А. Мясоедова, Л. Г. Мамонова // Электроэнергетика сегодня и завтра : сборник научных статей Международной научно-технической конференции, Курск, 30 марта 2022 года / Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2022. – С. 124-126. – EDN ITBRD.
10. Мясоедова, М. А. Приоритетные направления в области энергетики / М. А. Мясоедова, Л. Г. Мамонова // Наука молодых - будущее России : сборник научных статей 6-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых, Курск, 09–10

декабря 2021 года. Том 5. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2021. – С. 269-272. – EDN QNPLCQ.

11. Мясоедова, М. А. Проблемы энергоэффективности на современном этапе / М. А. Мясоедова, А. В. Ароян // Современные ресурсоэффективные технологии и технические средства в АПК : Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Курск, 31 марта 2021 года / Ответственный за выпуск С.Н. Петрова. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, 2021. – С. 5-10. – EDN SRCPEL.

12. Волкова, С. Н. Эффективное управление - новый этап в развитии информационных технологий / С. Н. Волкова, М. А. Мясоедова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – № 3. – С. 22-24. – EDN QBUFEN.

Nikita Vladimirovich Morozov, student

(e-mail: sub-zerowins-02@mail.ru)

Marina Anatolyevna Myasoedova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

(e-mail: lady.mysoedova @yandex.ru)

Mamonova Lyudmila Gennadievna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

(e-mail: mamonova_lg@mail.ru)

THE MAIN TYPES OF EXECUTION OF ELECTRICAL WIRING FOR INDUSTRIAL PREMISES

Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov

Abstract: This article describes the basic grounding schemes of electrical installations to ensure safe operation, and describes examples of the use of circuits in production.

Keywords: circuit, network, voltage, short circuit, grounding, current, conductor.

ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ СТАБИЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ

Морозов Никита Романович, студент

(e-mail: nik_morozov_19@mail.ru)

Мясоедова Марина Анатольевна, к.т.н., доцент

(e-mail: lady.mysoedova@yandex.ru)

Мамонова Людмила Геннадьевна к.т.н., доцент

(e-mail: mamonova_lg@mail.ru)

Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова

В данной статье описано применение средств защиты и контроля для обеспечения стабильной работы электрооборудования, приведены основные технические характеристики, а также особенности применения.

Ключевые слова: напряжение, реле, оборудование, ток, фаза, сеть.

В современных условиях развития электрических приборов большое внимание уделяется качеству электроэнергии. Для стабильной и продолжительной работы оборудования необходимо применять устройства для защиты и контроля. Одним из таких является реле контроля напряжения.

Предельное допустимое напряжения согласно ГОСТ 29322-2014 составляет $\pm 10\%$ от номинального, для однофазной сети - 198-242 В, для трехфазной - 342-

418 В. Отклонение значения в большую сторону называется перенапряжением, в меньшую - просадкой.

Изменения напряжения имеют различную природу и длительность. Длительными являются перенапряжения дольше 0,01 с., они возникают из-за неисправности трансформатора или при повреждении нулевого провода. Кратковременные изменения напряжения (до 0,01 с.) могут происходить из-за проведения переключений или при включении мощных нагрузок. Изменение напряжения может возникнуть перекосе фаз.

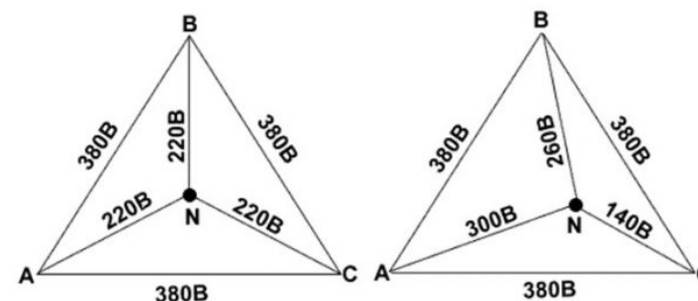


Рисунок 1 – перекос фаз

Перекос фаз – это нарушение равномерного (симметричного) распределения напряжения между фазами в трёхфазной сети. Причинами перекоса могут быть:

- Неравномерное распределение нагрузки между фазами.
- Низкое качество питающей сети.
- Неправильная схема подключения электрооборудования.
- Обрыв одного из фазных проводников.

Источником мощного перенапряжения (с токами до 100 кА) могут быть удары молнии. Проблема заключается в том, что воздействие молнии или грозового удара длится на протяжении 10^{-6} с., а отключающая способность АВ составляет 10^{-3} с., поэтому для защиты используют УЗИП.

Изменение напряжения в пределах более 10% негативно влияет на работу электрических приборов и приводит к следующим последствиям:

- Неисправность оборудования. В случае перенапряжения происходит нагрев и обмотки, электрические схемы и блоки перегорают и перестают работать, если значение перегрева не является критическим, то срок службы оборудования значительно уменьшается.
- Повышение тока. При колебании напряжения значение силы тока изменяется, согласно закону Ома.

Реле напряжения предназначено для защиты бытовой техники и электрооборудования от недопустимых колебаний напряжения в сети и последствий обрыва нейтрального (нуля).

Реле напряжения проецирует действующее значение напряжения в сети и состояние нагрузки.

Главными характеристиками реле контроля напряжения являются:

- Номинальное напряжение.
- Частота тока.
- Диапазон регулирования. В него входит нижний порог срабатывания U_{min} , верхний порог срабатывания U_{max} , выдержка времени до повторного включения сек.

- Максимальное напряжения, при котором сохраняется работоспособность.
- Степень защиты от пыли и влаги.
- Категория перенапряжения.

При установке реле напряжения необходимо учитывать некоторые нюансы:

Устройство должно иметь задержку по срабатыванию, т.к. в сети могут быть кратковременные помехи, которые на работу прибора не повлияют, но при срабатывании такое отключение будет «впустую».

На протяженных участках или сельских ЛЭП напряжение может быть ниже предельно допустимого порога, поэтому если не менять настройки реле, то оно будет постоянно срабатывать, даже если у владельца нет потребителей, для которых это напряжение будет вредным.

Реле напряжения могут быть как однофазными, так и трехфазными.



Рисунок 2 – трехфазное реле напряжения

Применение реле напряжения в трехфазной сети имеет свои особенности. В трехфазную сеть строго запрещено подключать три однофазных реле, если произойдет просадка напряжения по одной фазе, то реле её отключит и трехфазный потребитель будет запитан от двух фаз, что приведет к его некорректной работе.

Таким образом использование средств защиты и контроля обязательно для безопасной работы электрических приборов, но при этом необходимо строго соблюдать правила выбора и установки реле в электрическую сеть.

Список литературы

1. Мясоедова М.А., Мамонова Л.Г. Проблемы и пути решения электросетевого комплекса // В сборнике: Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса. сборник научных статей Всероссийской научно-технической конференции. Курск, 2023. С. 148-150.
2. Юшков А.В., Мясоедова М.А. Цифровизация в области электроэнергетики: преимущества и вызовы // В сборнике: Поколение будущего: Взгляд молодых ученых-2023. Сборник научных статей 12-й Международной молодежной научной конференции. В 4-х томах. Курск, 2023. С. 308-311.
3. Мясоедова М.А., Ароян А.В. К вопросу повышения энергоэффективности электрооборудования // В сборнике: Электроэнергетика сегодня и завтра. сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. Курск, 2023. С. 392-395.
4. Мясоедова М.А., Ароян А.В. Использование методов диагностики как способ повышения надежности электрооборудования // В сборнике: Современные проблемы и направления развития агроинженерии в России. сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции. Курск, 2022. С. 141-144.
5. Мясоедова М.А., Грецов А.А. К ВОПРОСУ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ // В сборнике: Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2020. С. 90-94.
6. Мамонова, Л. Г. Перспективы развития современной энергетики / Л. Г. Мамонова, М. А. Мясоедова // Молодежь и XXI век - 2022 : Материалы 12-й Международной молодежной научной конференции. В 4-х томах, Курск, 17–18 февраля 2022 года / Отв. редактор М.С. Разумов. Том 4. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 236-238. – EDN ANRDYF.
7. Мамонова, Л. Г. Качество электрической энергии в системах электроснабжения и способы его моделирования / Л. Г. Мамонова, М. А. Мясоедова // Региональный вестник. – 2018. – № 1(10). – С. 8-9. – EDN UQXDFT.
8. Мясоедова, М. А. Актуальные проблемы и перспективы энергосетевого комплекса России / М. А. Мясоедова, Л. Г. Мамонова // Электроэнергетика сегодня и завтра : сборник научных статей Международной научно-технической конференции, Курск, 30 марта 2022 года / Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2022. – С. 124-126. – EDN IJTBDR.
9. Мясоедова, М. А. Приоритетные направления в области энергетики / М. А. Мясоедова, Л. Г. Мамонова // Наука молодых - будущее России : сборник научных статей 6-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых, Курск, 09–10 декабря 2021 года. Том 5. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2021. – С. 269-272. – EDN QNPLCQ.
10. Мясоедова, М. А. Проблемы энергоэффективности на современном этапе / М. А. Мясоедова, А. В. Ароян // Современные ресурсоэффективные технологии и технические средства в АПК : Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Курск, 31 марта 2021 года / Ответственный за выпуск С.Н. Петрова. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, 2021. – С. 5-10. – EDN SRCPEL.
11. Волкова, С. Н. Эффективное управление - новый этап в развитии информационных технологий / С. Н. Волкова, М. А. Мясоедова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – № 3. – С. 22-24. – EDN QBUFEN.

Nikita Romanovich Morozov, student

Marina Anatolyevna Myasoedova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Mamonova Lyudmila Gennadiyevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov

APPLICATION OF ELECTRICAL ENERGY QUALITY CONTROL TOOLS FOR STABLE OPERATION OF EQUIPMENT

Abstract: This article describes the use of protective and monitoring equipment to ensure stable operation of electrical equipment, provides the main technical characteristics, as well as application features.

Keywords: voltage, relay, equipment, current, phase, network.

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ УСТАНОВКИ СОРТИРОВКИ РУДЫ

Музалевский Александр Андреевич, магистр

(e-mail: muzalevskiyalexandr@gmail.com)

Евлампьев Илья Сергеевич, магистр

(e-mail: fyhtjnt@gmail.com)

Баранов Юрий Николаевич, д.т.н., профессор

(e-mail: bar20062@yandex.ru)

Научный руководитель –

Маркин Николай Иванович, к.т.н., доцент

(e-mail: nim2004@mail.ru)

ОГУ имени И.С. Тургенева, г. Орёл, Россия

В статье рассмотрены возможности добавления к автоматизированной установке с программным обеспечением для сортировки руды, которое с помощью скриптов нейронной сети может обеспечить безопасность работников.

Ключевые слова: нейронная сеть, датасет, обучение, слой, искусственный интеллект.

Искусственный интеллект является новой и набирающей популярность областью, которая постепенно внедряется в человеческую жизнь. Не обошла она и автоматизацию. Технологии машинного зрения позволяют выполнять широкий спектр задач точнее, быстрее и без рисков человеческой жизнью на опасном производстве.

Актуальность поиска и распознавания объектов в наше время крайне значительна: с помощью данной технологии могут проводиться операции по поиску пропавших людей, может быть произведена существенная автоматизация ряда промышленных процессов, могут быть достигнуты новые вершины и решены трудные задачи в медицинском деле, не говоря уже о военной отрасли, где такие технологии ценятся наиболее [1].

Целью данной статьи является разработка образца устройства, которое включает в себя разработку ПО для реализации классификации объектов и исключения воздействия вредных и опасных производственных факторов на человека.

Перед обучением нейронной сети следует разобраться с понятием, что это вообще такое и какую нейронную сеть лучше выбрать для данной задачи. Нейронная сеть, из статьи, взятой из источника «Яндекс.Практикум» – это «математическая модель, которая работает по принципу нейронной сети живого организма» [2]. Для статьи была выбрана сверточная нейронная сеть. Именно с помощью этого вида можно использовать определение объектов с помощью камер. Для того, чтобы начать обучать сеть, нужно подготовить датасет. Датасет или набор данных – это обработанная и структурированная информация в табличной форме. Строки такой таблицы называются объектами, а столбцы – атрибутами. Для качественного определения следует брать от 3000 изображений. Поэтому этот процесс довольно трудоемкий. После разметки можно скачать датасет, который будет содержать в себе фотографии и информацию о разметке. Также, можно конвертировать данные в нужный формат.

Для обучения нейросети был написан код с использованием таких библиотек, как TensorFlow, numpy, matplotlib и pandas. TensorFlow – это библиотека для машинного обучения, которая позволяет обучать искусственный интеллект решению разных задач. Numpy и Matplotlib нужны для вычислений формул, а также для построения графиков модели. Pandas – то библиотека Python для обработки и анализа структурированных данных, то есть, для обработки графиков. В коде программы также использовалась функция «visualkeras». Данная библиотека позволяет визуализировать слои нейронной сети. На рисунке 1 представлен пример слоев, используемых в проекте.

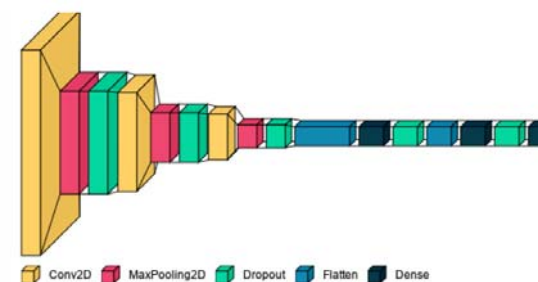


Рисунок 1 - Слои нейронной сети

На рисунке представлены следующие слои: Conv; MaxPooling; Dropout; Flatten и Dense.

Слой Convolution – это математическая операция, которая используется в обработке сигналов и изображений.

Maxpooling – это операция, которая используется в сверточных нейронных сетях для уменьшения размерности выходных данных после свертки.

Dropout – это метод регуляризации в нейронных сетях, который заключается в случайном отключении (dropout) некоторых нейронов во время обучения.

Flatten – это операция, которая преобразует многомерный массив в одномерный массив.

Dense (плотный) – это слой нейронной сети, который принимает на вход вектор и производит линейное преобразование этого вектора с помощью матрицы весов и добавления смещения (bias) [3].

После обучения необходимо проверить работоспособность сети, загрузив в код картинку. На рисунке 2 представлен результат определения.



Рисунок 2 – Результат работы скрипта на статичном изображении

После успешного определения, нейронную сеть можно загрузить на Khadas Vim 3. Далее следует написать небольшой скрипт на самом одноплатном компьютере. Программа будет содержать уравнения для выявления центра объекта.

Также, на одноплатном компьютере нужно написать программу для сервера, на который будет передаваться изображение, а потом отправляться на ПК оператора. Для реализации этого нужно использовать библиотеки socket и streamer_utils. Первая библиотека отвечает за возможность работы с низкоуровневыми сетевыми протоколами, а вторая – для захвата и передачи изображения с камеры по этим протоколам. На ПК оператора нужно создать файл-клиента, который будет выводить изображение с камеры и будет связан с Khadas Vim 3 по общему сетевому серверу. На рисунке 3 представлен скриншот окна клиента с окном ввода логина/пароля.

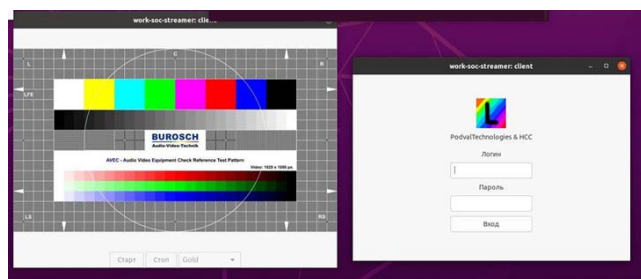


Рисунок 3 - Вывод окна клиента с логином и паролем

Для работы системы автоматичности, файлы «Server» и «Prog» должны перед установкой на конвейер быть преобразованы в файлы с расширением «.bin» и внесены в автозагрузку при старте. Таким образом, при включении одноплатного компьютера, данные файлы будут начинать работу сразу после его загрузки, а на ПК оператора стоит всего лишь открыть приложение, которое после ввода правильного логина и пароля подключится к трансляции видео.

Таким образом, оператор может находится в достаточном удалении от опасных и вредных производственных факторов, при этом, продолжать непрерывно смотреть за производством. Помехи могут возникать только в случае обрыва провода Ethernet – в остальном система бесперебойна.

Список литературы

1. Гусева, Е. А. Автоматизация посредством нейросетей: как это меняет рабочие процессы и повседневную жизнь / Е. А. Гусева, И. Д. Демидов, А. А. Гурулев // Байкальская наука: идеи, инновации, инвестиции : Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Байкальская наука: организация производства», Иркутск, 10 ноября 2023 года. Том Часть II. – Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2023. – С. 51-57;
2. Солиев, Р. Ю. Важнейшие тенденции информационно-коммуникационных технологий в развитии современной глобальной экономики / Р. Ю. Солиев // Экономика и управление: научно-практический журнал. – 2017. – № 1(135). – С. 28-40;
3. Ашыров, Ю. Применение компьютерного зрения для автоматизации контроля качества руды / Ю. Ашыров, М. Гурбанмырадов, Э. Агаджанов // Символ науки: международный научный журнал. – 2025. – № 1-2. – С. 30-31;

Muzalevsky Alexander Andreevich, Master's degree

(e-mail: muzalevskiyalexandr@gmail.com)

Evlampyev Ilya Sergeevich, Master's degree

((e-mail: anpeome@gmail.com)

Baranov Yuri Nikolaevich, Doctor of Technical Sciences, Professor

(e-mail: bar20062@yandex.ru)

Scientific director

Markin Nikolay Ivanovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

(e-mail: nim2004@mail.ru)

I.S. Turgenev OSU, Orel, Russia

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED OBJECT IDENTIFICATION SYSTEM FOR ORE SORTING INSTALLATIONS

The article discusses the possibilities of adding software to an automated ore sorting plant, which can ensure the safety of workers using neural network scripts.

Keywords: neural network, dataset, learning, layer, artificial intelligence.

НОВЫЙ ПОДХОД В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АРИФМИТИЧЕСКОЙ ПРОГРЕССИИ 3-ГО ПОРЯДКА

Новосельцев Владимир Михайлович, старший преподаватель
(novoselcev-vladimir@mail.ru)

Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова,
г.Курск, Россия

В данной статье рассматривается задача вычисления количества различных точек, в которых может остановиться кузнечик, совершив n прыжков в трехмерной системе координат. Каждый прыжок кузнечика имеет единичную длину и может быть направлен вдоль одной из осей: OX , OY или OZ . Анализируется геометрическая интерпретация движения кузнечика в виде восьмигранника (октаэдра), в котором крайние точки движения кузнечика расположены на его гранях. Для вычисления количества точек, в которых кузнечик может остановиться, использованы методы арифметической прогрессии и многочленов третьего порядка. Выведена формула, позволяющая вычислить количество различных точек в зависимости от количества прыжков n . Результатом исследования является формула для общего числа возможных точек остановки кузнечика/

Ключевые слова: кузнечик, трехмерная система координат, прыжки, количество точек, восьмигранник, октаэдр, арифметическая прогрессия, многочлены третьего порядка, математическое моделирование, кубическая формула.

Исследование количества возможных точек остановки кузнечика после n прыжков

Предположим, что кузнечик находится в начале трехмерной прямоугольной системы координат. Он делает n прыжков, каждый из которых равен единичной длине, и может прыгать по одной из трех осей: OX , OY или OZ . Задача заключается в нахождении количества различных точек, где кузнечик может остановиться после выполнения всех своих прыжков.

Геометрическая интерпретация

Каждый прыжок кузнечика — это перемещение по одной из осей в трехмерной системе координат, и при каждом новом прыжке кузнечик может выбирать, в каком направлении прыгнуть. Таким образом, каждый путь, который он может пройти, можно представить, как одну из точек в пространстве, что иллюстрировано геометрически в виде правильного восьмигранника (октаэдра), на гранях которого будут находиться крайние точки пребывания кузнечика (рисунок 1) [1,2].

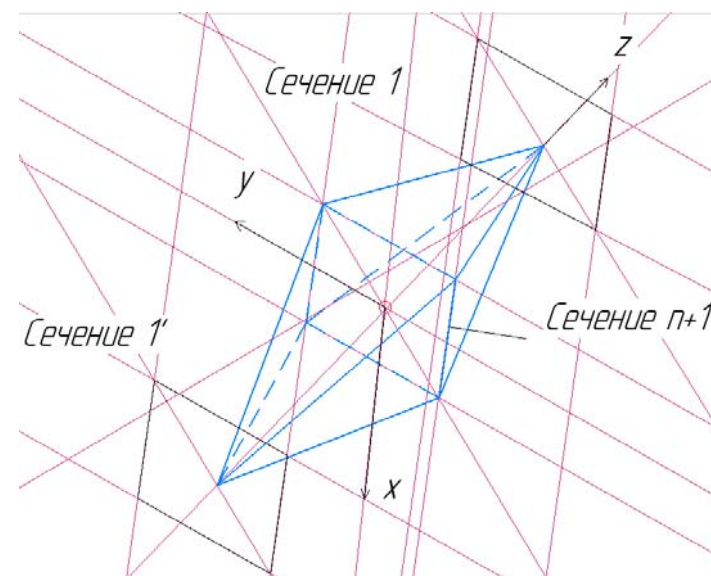


Рисунок 1 – восьмигранник с $2n-1$ сечениями и двумя касательными

Далее на рисунке 2 будет отображено 3 сечения и 2 касательных ортогональной оси симметрии Z , а также точки с возможными остановками кузнечика.

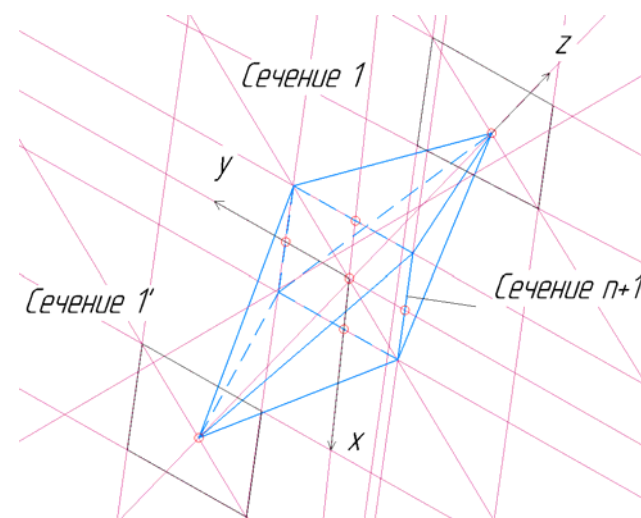


Рисунок 2 – восьмигранник с $2n-1$ сечениями и двумя касательными

Далее на рисунке 3 будет отображено 5 сечения и 2 касательных ортогональной оси симметрии Z

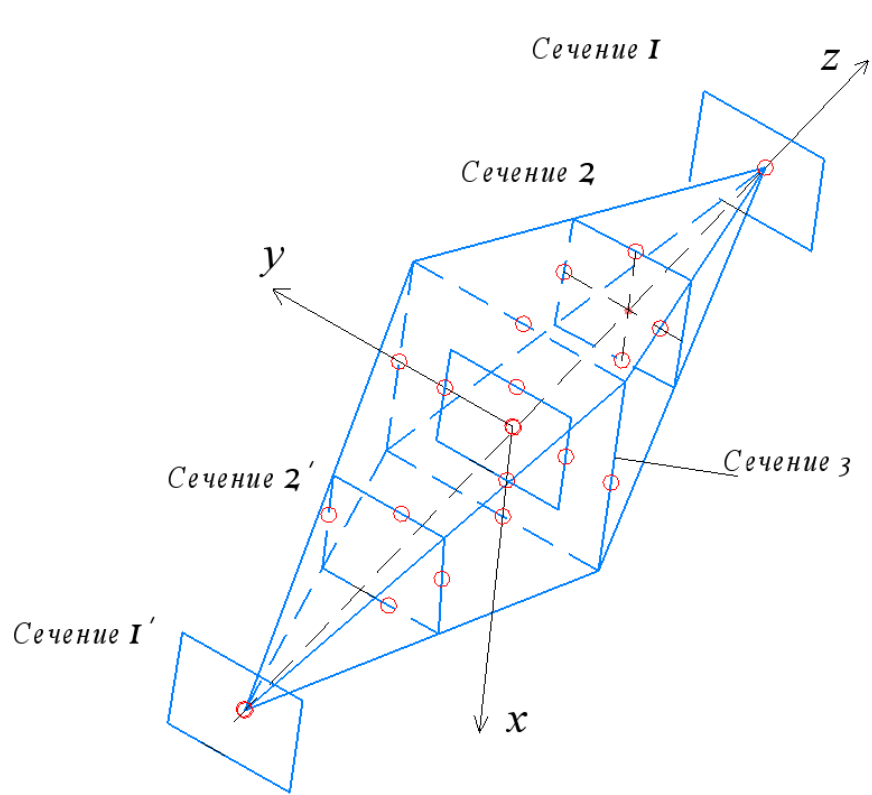


Рисунок 3 – Восьмигранник с тремя сечениями и двумя касательными

Сумма квадратов и гипотеза о количестве точек

Для начала, проанализируем поведение кузнечика после первых трех прыжков. Мы видим, что сумма квадратов позиций кузнечика может быть представлена как:

$$S = 1^2 + 2^2 + 3^2 = 14 \text{ (остановок).}$$

Далее предполагаем, что количество возможных точек, в которых может остановиться кузнечик, подчиняется сумме квадратов от 1 до n:

$$S = 1^2 + 2^2 + 3^2 + \dots + n^2 \quad (1)$$

Эта гипотеза иллюстрируется геометрически в виде правильного восьмигранника (октаэдра), на ребрах которого будут располагаться крайние точки.

Формула для суммы квадратов

Выведем формулу суммы (1) воспользовавшись арифметической прогрессией 3-го порядка.

Если $[a_i]_1^n$ – арифметическая прогрессия порядка m, то существует многочлен

$$P_m(i) = C_m i^m + \dots + C_2 i^2 + C_1 i + C_0$$

такой, что для всех $i \in \{1, \dots, n\}$ выполняется равенство $a_i = P_m(i)$

Последовательность $[i^2]_1^n = 1^2, 2^2, 3^2, \dots, n^2$ есть арифметическая прогрессия 2-го порядка. Рассмотрим ее как последовательность первых разностей последовательности $[a_i]_1^{n+1}$, тогда $[a_i]_1^{n+1}$ есть арифметическая прогрессия 3-го порядка, и, следовательно, существует многочлен третьей степени по i такой, что при всех i выполняется равенство

$$a_i = C_3 i^3 + C_2 i^2 + C_1 i + C_0$$

Если выбрать $a_1 = 0$, то первые четыре члена последовательности $[a_i]_1^{n+1}$ будут равны

$$a_i = a_1 + \sum_{i=1}^4 (i-1)^2, a_1 = 0, a_2 = 1, a_3 = 5, a_4 = 14$$

Составим систему уравнений для определения коэффициентов C_3, C_2, C_1, C_0

$$\begin{cases} C_3 + C_2 + C_1 + C_0 = 0 \\ 8C_3 + 4C_2 + 2C_1 + C_0 = 1 \\ 27C_3 + 9C_2 + 3C_1 + C_0 = 5 \\ 64C_3 + 16C_2 + 4C_1 + C_0 = 14 \end{cases} \quad (2)$$

Решая систему (2) методом исключения, находим $C_0 = 0, C_1 = 1/6, C_2 = -1/2, C_3 = 1/3$. Далее

$$a_i = \frac{1}{3}i^3 - \frac{1}{2}i^2 + \frac{1}{6}i$$

$$\begin{aligned} 1^2 + 2^2 + 3^2 + \dots + n^2 &= \sum_{i=1}^n i^2 = a_{n+1} = \\ &= \frac{2(n+1)^3 - 3(n+1)^2 + n+1}{6} = \frac{2n^3 + 3n^2 + n}{6} \end{aligned}$$

В каждом i-том сечении будет i^2 количество остановок кузнечика. Согласно рис.1 число различных точек, в которых может остановиться кузнечик, составит:

$$\begin{aligned} N &= 2 \sum_{i=1}^n i^2 + (n+1)^2 = \frac{2n^3 + 3n^2 + n}{3} + n^2 + 2n + 1 = \\ &= \frac{2n^3 + 3n^2 + n + 3n^2 + 6n + 3}{3} = \frac{(n+1)(2n^2 + 4n + 3)}{3} \end{aligned}$$

Ответ:

$$N = \frac{(n+1)(2n^2 + 4n + 3)}{3}$$

В ходе исследования было рассмотрено движение кузнечика в трехмерной системе координат при условии выполнения n прыжков, каждый из которых имеет единичную длину и направлен вдоль одной из осей OX, OY или OZ. Математический анализ привел к формуле, которая описывает количество различных точек, в которых кузнечик может остановиться после выполнения всех

прыжков. Результат получен через использование методов арифметической прогрессии и многочленов третьего порядка, что позволило вывести выражение для общего числа точек, зависящее от количества прыжков n .

Примененная модель и полученная формула имеют значимость не только в контексте данной задачи, но и могут быть использованы для аналогичных задач в других областях, связанных с оптимизацией, исследованием движений объектов в многомерных пространствах [3-4]. Полученные результаты могут быть полезны для дальнейших математических исследований в области геометрического моделирования, а также для разработки более сложных моделей, учитывающих дополнительные параметры или ограничения в движении.

Список литературы

1. Nosova, M. New Mathematical Model for the Russian Population Projections / M. Nosova // Bulletin of Science and Practice. – 2021. – Vol. 7, No. 5. – P. 12-17.
2. Кулиев, Э. В. Подход к исследованию окрестностей в роевых алгоритмах для решения оптимизационных задач / Э. В. Кулиев, А. А. Лежебоков, А. Н. Дуккардт // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2014. – № 7(156). – С. 15-25.
3. Кончин, В. А. К вопросу об оптимизации плазменно-порошковой наплавки / В. А. Кончин // Современные проблемы и направления развития агроинженерии в России : сборник научных статей 3-й Международной научно-технической конференции, Курск, 20 октября 2023 года. – Курск: Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова, 2023. – С. 63-68.
4. Кончин, В. А. Оптимизация состава наплавляемых порошковых композиций с целью улучшения качества плазменных покрытий стрелчатых лап культиватора / В. А. Кончин // Современные материалы, техника и технологии. – 2023. – № 4(49). – С. 69-78.
5. Серебровский, В. И. Оптимизация процесса гальванического осаждения композиционных покрытий из электролитных суспензий / В. И. Серебровский, О. С. Серникова, В. А. Кончин // 21 век: фундаментальная наука и технологии : Материалы XXXVI международной научно-практической конференции, Bengaluru, 19 ноября 2024 года. – Bengaluru, Karnataka, India: Pothi.com, 2024. – С. 132-138.
1. Результаты исследования износостойкости плазменного покрытия из твердосплавного порошкового материала/ Кончин В.А.// Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 2 (47). С. 30-32.
2. Влияние подготовки поверхности на прочность сцепления электроосажденных покрытий/ Серебровский В.И., Серникова О.С., Кончин В.А.// Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 1 (46). С. 79-85.
3. Результаты исследования износостойкости плазменного покрытия из твердосплавного порошкового материала/ Кончин В.А.// Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 2 (47). С. 30-32.
4. Оптимизация состава наплавляемых порошковых композиций с целью улучшения качества плазменных покрытий стрелчатых лап культиватора/ Кончин В.А.// Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 4 (49). С. 69-78.
5. Упрочнение деталей машин композиционными электроосажденными покрытиями с применением электроэрозионных диспергированных твердых сплавов/ Серебровский В.И., Агеев Е.В., Серникова О.С., Кончин В.А., Колмыков В.И.// Курск, 2022.
6. Оптимизация состава наплавляемых порошковых композиций с целью улучшения качества плазменных покрытий стрелчатых лап культиватора/ Кончин В.А.// Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 4 (49). С. 69-78.
7. Влияние подготовки поверхности на прочность сцепления электроосажденных покрытий/ Серебровский В.И., Серникова О.С., Кончин В.А.// Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 1 (46). С. 79-85.

8. Определение гранулометрического размера электроэрозионного порошка титанокарбидовой группы, полученного в воде дистиллированной/ Кончин В.А., Серникова О.С., Кучерявенко Е.С.// В сборнике: Современные материалы, техника и технология. сборник научных статей 12-й Международной научно-практической конференции. Курск, 2022. С. 193-196.

Novoseltsev Vladimir Mikhailovich, Senior Lecturer

(novoseltsev-vladimir@mail.ru)

Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanova, Kursk, Russia

A NEW APPROACH TO SOLVING PROBLEMS USING THE ARITHMETIC PROGRESSION OF THE 3RD ORDER

Abstract: This article discusses the problem of calculating the number of different points at which a grasshopper can stop after making n jumps in a three-dimensional coordinate system. Each jump of a grasshopper has a single length and can be directed along one of the axes: OX , OY or OZ . The geometric interpretation of the movement of a grasshopper in the form of an octahedron (octahedron) is analyzed, in which the extreme points of the movement of the grasshopper are located on its faces. The methods of arithmetic progression and third-order polynomials are used to calculate the number of points at which the grasshopper can stop. A formula is derived that makes it possible to calculate the number of different points depending on the number of jumps n . The result of the study is a formula for the total number of possible stopping points of a grasshopper.

Keywords: grasshopper, three-dimensional coordinate system, jumps, number of points, octahedron, octahedron, arithmetic progression, third-order polynomials, mathematical modeling, cubic formula.

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ И ИСТОЧНИКОВ ПОВЫШЕННОЙ ЧАСТОТЫ

Новосельцев Владимир Михайлович, преподаватель

(e-mail: novoseltsev-vladimir@mail.ru)

Мамонтова Людмила Геннадьевна, к.э.н., доцент

(e-mail: mamonova_lg@mail.ru)

Курский государственный аграрный университет имени И.И.Иванова

В настоящей работе проведен анализ особенностей применения повышенной частоты в системах питания электроприводов сельскохозяйственного назначения. Рассмотрено влияние изменения частоты тока на массогабаритные параметры электроприводов.

Ключевые слова: электропривод, частота тока, сельскохозяйственное производство, преобразователь частоты.

Электропривод повышенной частоты — перспективное направление в области электрификации сельскохозяйственного производства. Оно приобретает особую важность в связи с дальнейшим техническим перевооружением сельскохозяйственного производства на базе новой техники. Развитие современного электропривода идет по пути сближения электродвигателя с производственным механизмом и устранения промежуточных передач — источника дополнительных потерь энергии и удорожания электропривода. В связи с этим при конструировании безредукторных систем весьма перспективно применение электро-

приводов повышенной частоты. При этом возможно полное конструктивное совмещение электродвигателя с рабочим органом механизма [1,2].

Электродвигатели повышенной частоты имеют меньшие пусковые токи и лучшие значения среднего (эксплуатационного) коэффициента мощности, что облегчает условия их пуска при питании от источников соизмеримой мощности. Переход на повышенную частоту является весьма эффективным средством снижения стоимости и увеличения производительности рабочих машин [3].

Однако, принимая во внимание все эти преимущества электропривода повышенной частоты, нельзя забывать о том, что обязательным элементом его при питании от сети является преобразователь частоты, наличие которого необходимо учитывать при определении технико-экономической целесообразности использования этого привода для конкретных условий сельскохозяйственного производства [4,5].

Повышение частоты оказывает непосредственное влияние на экономическую эффективность электрооборудования, поэтому необходимо рассмотреть влияние частоты переменного тока на параметры и технические показатели электрооборудования отдельных видов сельскохозяйственных механизмов. Как известно [6], частота переменного тока существенно влияет на массу, габаритные размеры, стоимость и конструкцию электрических машин. Применяемая в большинстве производственных механизмах частота 50 Гц установилась в процессе исторического развития электрификации. Исследования и практика показали, что эта частота не является оптимальной для всех потребителей и, в частности, электроприводов сельскохозяйственных механизмов.

Следует заметить, что любое иное значение частоты не может быть признано оптимальным для отдельных его отраслей. В настоящее время при разработке электроприводов сельскохозяйственных механизмов обычно выбор частоты основан на интуитивных решениях. Подобная методика во многих случаях приводит к значительным отклонениям от оптимальных решений и не способствует совершенствованию электрифицированных сельскохозяйственных установок. Поэтому вопрос исследования спектра оптимальных частот для сельскохозяйственных электроустановок, в частности для электроприводов в животноводстве и растениеводстве, весьма актуален и непосредственно связан с частотой вращения рабочих органов.

Машины, применяемые в животноводстве, по частоте вращения рабочего органа могут быть разбиты на три характерные группы [7]: тихоходные и среднескоростные ($n \leq 750$ об/мин) — смесители, транспортеры и др.; быстроходные ($750 < n \leq 3000$ об/мин) — кормодробилки, измельчители грубых кормов; высокоскоростные ($n > 3000$ об/мин) — молочные сепараторы, насосы, вентиляторы и др.

При решении вопроса о выборе оптимального значения частоты для конкретных электроприводов необходимо учитывать, что асинхронные электродвигатели повышенной частоты, особенно маломощные, при $n_c < 3000$ об/мин нетехнологичны и имеют худшие массогабаритные параметры, чем аналогичные асинхронные электродвигатели на 50 Гц. Поэтому для привода тихоходных

и среднескоростных рабочих органов в ряде случаев может оказаться выгодным применение высокоскоростных электродвигателей повышенной частоты с редуктором. Для ряда конкретных электроприводов суммарная масса электродвигателя повышенной частоты и редуктора значительно меньше массы электродвигателя на 50 Гц при прочих равных условиях.

Повышение частоты до 100-400 Гц улучшает основные параметры и технические показатели ряда электроприводов, но этого еще недостаточно для решения вопроса эффективности повышения частоты. Основным критерием оптимальности тех или иных значений частоты является их экономическая эффективность, определяемая на основе приведенных затрат.

Однако необходимо учитывать и другие важные частные критерии, тесно связанные с основным: массогабаритные показатели; упрощение конструкции и ее кинематика; увеличение производительности; удобство эксплуатации; технологичные, экономичные и простые в эксплуатации источники питания повышенной частоты.

В последнее время рядом организаций разработаны современные методики проектирования оптимальных асинхронных электродвигателей повышенной частоты. Они позволяют определять как оптимальную частоту для асинхронных электродвигателей различной мощности и назначения, так и оптимальные параметры, характеристики и технико-экономические показатели для различных фиксированных частот.

При частоте 100 Гц масса активных материалов асинхронных двигателей повышенной частоты снижается минимум на 20% по сравнению с массой активных материалов при 50 Гц, а конструктивных — на 7% (максимально возможное при этой частоте снижение массы активных материалов — на 50%, конструктивных — на 30%). При повышении частоты диаметр ротора и высота спинки статора почти не изменяются. Так как высота зубца составляет обычно не более 15% наружного диаметра статора, то диаметр электродвигателя уменьшается незначительно. Поэтому уменьшение массы электродвигателя при увеличении номинальной частоты обуславливается в основном уменьшением длины статора. При этом следует иметь в виду, что чем больше отношение длины статора к полной длине машины при 50 Гц, тем больший эффект дает повышение частоты.

Однако, следует отметить, что выбор оптимальной частоты для конкретных электроустановок достаточно сложен и требует значительного объема исследовательских работ и практической апробации результатов этих исследований.

Список литературы

1. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Серебровский В.И., Калущий Е.С. Нечеткая система оценки эффективности использования электропривода // В сборнике: Современные ресурсоэффективные технологии и технические средства в АПК. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Ответственный за выпуск С.Н. Петрова. Курск, 2021. С. 202-207.
2. Шатохина Д.Н., Малахов Д.В., Калущий Е.С. Электрические аппараты управления и защиты электроприводов повышенной частоты // В сборнике: Современные ресурсоэффективные технологии и технические средства в АПК. Материалы Всероссийской (национальной)

ной) научно-практической конференции. Ответственный за выпуск С.Н. Петрова. Курск, 2021. С. 142-145.

3. Самошенко Д.В., Стегаев Ю.С., Калуцкий Е.С. К вопросу о системах вентиляции животноводческих помещений // В сборнике: Электроэнергетика сегодня и завтра. сборник научных статей 3-й Международной научно-технической конференции. Курск, 2024. С. 282-286.

4. Гнездилова Ю.П., Жданов С.И., Калуцкий Е.С. Особенности применения электропривода в сельском хозяйстве // В сборнике: АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ. материалы Международной научно-практической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. 2015. С. 37-38.

5. Самошенко Д.В., Киселев М.Н., Калуцкий Е.С. К вопросу о регулировании частоты вращения электроприводов вентиляционных установок // В сборнике: Электроэнергетика сегодня и завтра. сборник научных статей 3-й Международной научно-технической конференции. Курск, 2024. С. 286-289.

6. Мамонова Л.Г., Калуцкий Е.С., Немцев Д.В. К вопросу о выборе мощности электропривода дробилки // В сборнике: ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА СЕГОДНЯ И ЗАВТРА. сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. Курск, 2023. С. 337-341.

7. Серебровский В.И., Калуцкий Е.С. К вопросу нормирования и планирования энергопотребления // В сборнике: Современные проблемы и направления развития агроинженерии в России. сборник научных статей 3-й Международной научно-технической конференции. Курск, 2023. С. 142-145.

Vladimir Mikhailovich Novosel'tsev, Lecturer

(e-mail: novoselcev-vladimir@mail.ru)

Lyudmila Gennad'evna Mamonova, PhD, Associate Professor

(e-mail: mamonova_lg@mail.ru)

Kursk State Agrarian University, Kursk

RATIONALE FOR THE CHOICE OF ELECTRIC DRIVES AND HIGH-FREQUENCY SOURCES

This paper analyzes the features of using high frequency in power supply systems of agricultural electric drives. The effect of changing the current frequency on the mass and size parameters of electric drives is considered.

Keywords: electric drive, current frequency, agricultural production, frequency converter.

НОВЫЙ ПОДХОД В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АРИФМИТИЧЕСКОЙ ПРОГРЕССИИ 3-ГО ПОРЯДКА

Новосельцев Владимир Михайлович, старший преподаватель

(novoselcev-vladimir@mail.ru)

Кончин Владимир Алексеевич, к.т.н.

(konchin98@mail.ru)

Курский ГАУ, г. Курск

В данной статье рассматривается задача вычисления количества различных точек, в которых может остановиться кузнечик, совершив n прыжков в трехмерной системе координат. Каждый прыжок кузнечика имеет единичную длину и может быть направлен вдоль одной из осей: OX , OY или OZ . Анализируется геометрическая интерпретация движения кузнечика в виде восьмигранника (октаэдра), в котором крайние точки движения кузнечика расположены на его гранях. Для вычисления количества точек, в которых кузнечик может остановиться, использованы методы арифметической прогрессии и многочленов третьего порядка. Выведена формула, позволяющая вычислить количество различных точек в зависимости от количества прыжков n . Результатом исследования является формула для общего числа возможных точек остановки кузнечика/

Ключевые слова: кузнечик, трехмерная система координат, прыжки, количество точек, восьмигранник, октаэдр, арифметическая прогрессия, многочлены третьего порядка, математическое моделирование, кубическая формула.

Исследование количества возможных точек остановки кузнечика после n прыжков

Предположим, что кузнечик находится в начале трехмерной прямоугольной системы координат. Он делает n прыжков, каждый из которых равен единичной длине, и может прыгать по одной из трех осей: OX , OY или OZ . Задача заключается в нахождении количества различных точек, где кузнечик может остановиться после выполнения всех своих прыжков.

Геометрическая интерпретация

Каждый прыжок кузнечика — это перемещение по одной из осей в трехмерной системе координат, и при каждом новом прыжке кузнечик может выбирать, в каком направлении прыгнуть. Таким образом, каждый путь, который он может пройти, можно представить, как одну из точек в пространстве, что иллюстрировано геометрически в виде правильного восьмигранника (октаэдра), на гранях которого будут находиться крайние точки пребывания кузнечика (рисунок 1) [1,2].

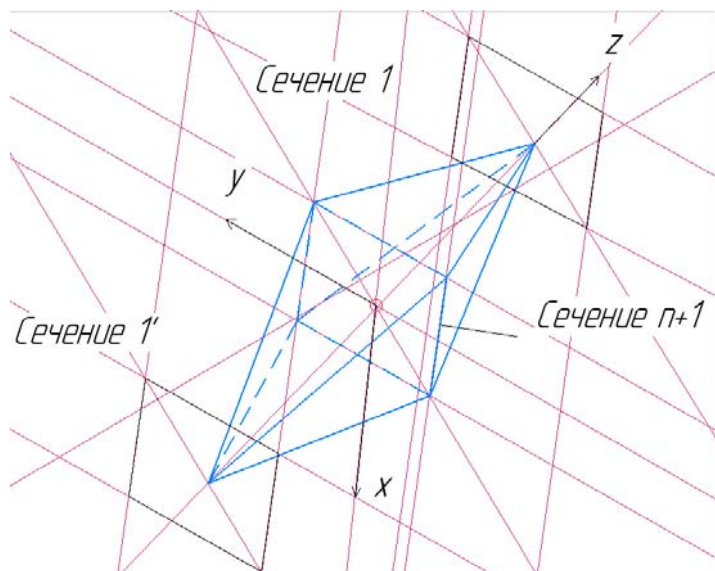


Рисунок 1 – восьмигранник с $2n-1$ сечениями и двумя касательными

Далее на рисунке 2 будет отображено 3 сечения и 2 касательных ортогональной оси симметрии Z , а также точки с возможными остановками кузнечика.

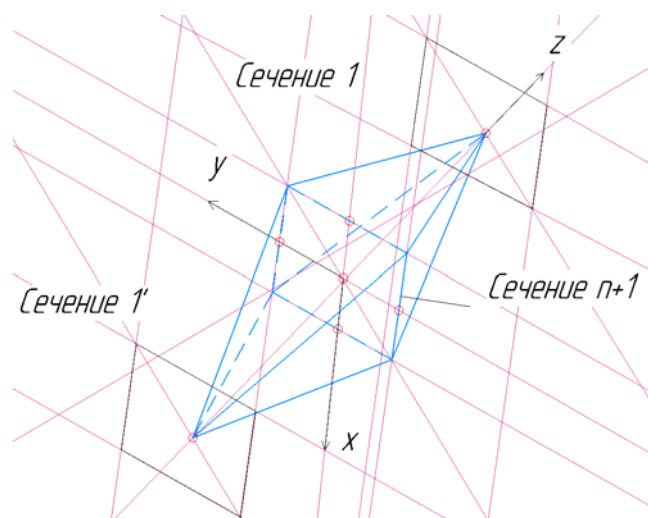


Рисунок 2 – восьмигранник с $2n-1$ сечениями и двумя касательными

Далее на рисунке 3 будет отображено 5 сечения и 2 касательных ортогональной оси симметрии Z

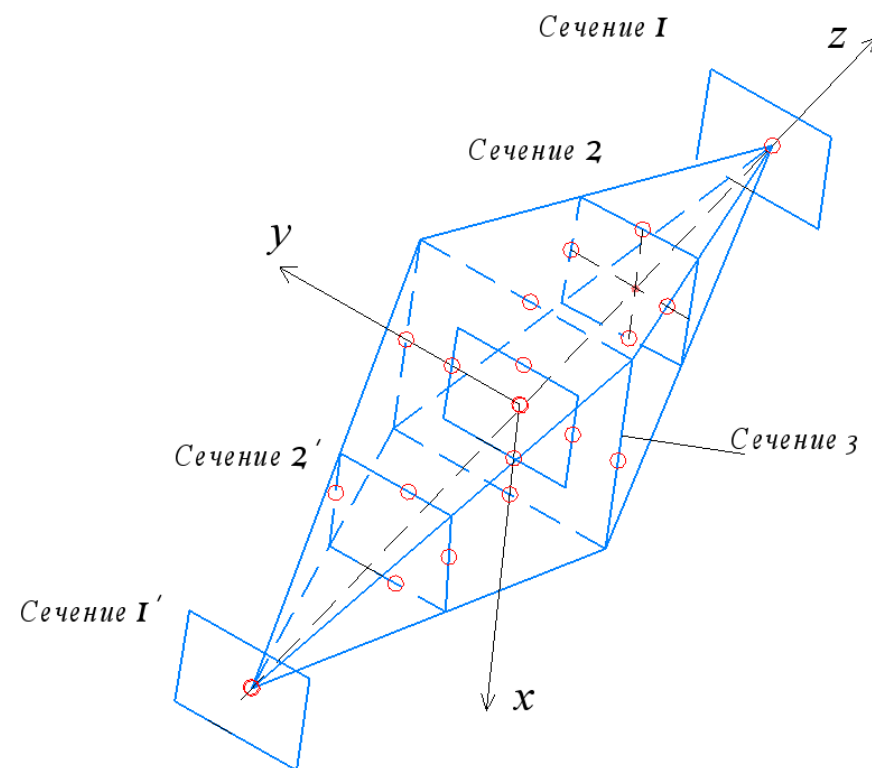


Рисунок 3 – Восьмигранник с тремя сечениями и двумя касательными

Сумма квадратов и гипотеза о количестве точек

Для начала, проанализируем поведение кузнечика после первых трех прыжков. Мы видим, что сумма квадратов позиций кузнечика может быть представлена как:

$$S = 1^2 + 2^2 + 3^2 = 14 \text{ (остановок).}$$

Далее предполагаем, что количество возможных точек, в которых может остановиться кузнечик, подчиняется сумме квадратов от 1 до n :

$$S = 1^2 + 2^2 + 3^2 + \dots + n^2 \quad (1)$$

Эта гипотеза иллюстрируется геометрически в виде правильного восьмигранника (октаэдра), на ребрах которого будут располагаться крайние точки.

Формула для суммы квадратов

Выведем формулу суммы (1) воспользовавшись арифметической прогрессией 3-порядка.

Если $[a_i]_1^n$ – арифметическая прогрессия порядка m , то существует многочлен

$$P_m(i) = C_m i^m + \dots + C_2 i^2 + C_1 i + C_0$$

такой, что для всех $i \in \{1, \dots, n\}$ выполняется равенство $a_i = P_m(i)$

Последовательность $[i^2]_1^n = 1^2, 2^2, 3^2, \dots, n^2$ есть арифметическая прогрессия 2-го порядка. Рассмотрим ее как последовательность первых разностей последовательности $[a_i]_1^{n+1}$, тогда $[a_i]_1^{n+1}$ есть арифметическая прогрессия 3-го порядка, и, следовательно, существует многочлен третьей степени по i такой, что при всех i выполняется равенство

$$a_i = C_3 i^3 + C_2 i^2 + C_1 i + C_0$$

Если выбрать $a_1 = 0$, то первые четыре члена последовательности $[a_i]_1^{n+1}$ будут равны

$$a_i = a_1 + \sum_{i=1}^4 (i-1)^2, a_1 = 0, a_2 = 1, a_3 = 5, a_4 = 14$$

Составим систему уравнений для определения коэффициентов C_3, C_2, C_1, C_0

$$\begin{cases} C_3 + C_2 + C_1 + C_0 = 0 \\ 8C_3 + 4C_2 + 2C_1 + C_0 = 1 \\ 27C_3 + 9C_2 + 3C_1 + C_0 = 5 \\ 64C_3 + 16C_2 + 4C_1 + C_0 = 14 \end{cases} \quad (2)$$

Решая систему (2) методом исключения, находим $C_0 = 0, C_1 = 1/6, C_2 = -1/2, C_3 = 1/3$. Далее

$$\begin{aligned} a_i &= \frac{1}{3}i^3 - \frac{1}{2}i^2 + \frac{1}{6}i \\ 1^2 + 2^2 + 3^2 + \dots + n^2 &= \sum_{i=1}^n i = a_{n+1} = \\ &= \frac{2(n+1)^3 - 3(n+1)^2 + n + 1}{6} = \frac{2n^3 + 3n^2 + n}{6} \end{aligned}$$

В каждом i -том сечении будет i^2 количество остановок кузнечика. Согласно рис.1 число различных точек, в которых может остановиться кузнечик, составит:

$$\begin{aligned} N &= 2 \sum_{i=1}^n i^2 + (n+1)^2 = \frac{2n^3 + 3n^2 + n}{3} + n^2 + 2n + 1 = \\ &= \frac{2n^3 + 3n^2 + n + 3n^2 + 6n + 3}{3} = \frac{(n+1)(2n^2 + 4n + 3)}{3} \end{aligned}$$

Ответ:

$$N = \frac{(n+1)(2n^2 + 4n + 3)}{3}$$

В ходе исследования было рассмотрено движение кузнечика в трехмерной системе координат при условии выполнения n прыжков, каждый из которых имеет единичную длину и направлен вдоль одной из осей ОХ, ОУ или ОZ. Математический анализ привел к формуле, которая описывает количество различных точек, в которых кузнечик может остановиться после выполнения всех

прыжков. Результат получен через использование методов арифметической прогрессии и многочленов третьего порядка, что позволило вывести выражение для общего числа точек, зависящее от количества прыжков n .

Примененная модель и полученная формула имеют значимость не только в контексте данной задачи, но и могут быть использованы для аналогичных задач в других областях, связанных с оптимизацией, исследованием движений объектов в многомерных пространствах [3-4]. Полученные результаты могут быть полезны для дальнейших математических исследований в области геометрического моделирования, а также для разработки более сложных моделей, учитывающих дополнительные параметры или ограничения в движении.

Список литературы

1. Nosova, M. New Mathematical Model for the Russian Population Projections / M. Nosova // Bulletin of Science and Practice. – 2021. – Vol. 7, No. 5. – P. 12-17.
2. Кулиев, Э. В. Подход к исследованию окрестностей в роевых алгоритмах для решения оптимизационных задач / Э. В. Кулиев, А. А. Лежебоков, А. Н. Дуккардт // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2014. – № 7(156). – С. 15-25.
3. Кончин, В. А. К вопросу об оптимизации плазменно-порошковой наплавки / В. А. Кончин // Современные проблемы и направления развития агроинженерии в России : сборник научных статей 3-й Международной научно-технической конференции, Курск, 20 октября 2023 года. – Курск: Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова, 2023. – С. 63-68.
4. Кончин, В. А. Оптимизация состава наплавляемых порошковых композиций с целью улучшения качества плазменных покрытий стрелчатых лап культиватора / В. А. Кончин // Современные материалы, техника и технологии. – 2023. – № 4(49). – С. 69-78.
5. Серебровский, В. И. Оптимизация процесса гальванического осаждения композиционных покрытий из электролитных суспензий / В. И. Серебровский, О. С. Серникова, В. А. Кончин // 21 век: фундаментальная наука и технологии : Материалы XXXVI международной научно-практической конференции, Bengaluru, 19 ноября 2024 года. – Bengaluru, Karnataka, India: Pothi.com, 2024. – С. 132-138.
6. Результаты исследования износостойкости плазменного покрытия из твердосплавного порошкового материала/ Кончин В.А.// Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 2 (47). С. 30-32.
7. Влияние подготовки поверхности на прочность сцепления электроосажденных покрытий/ Серебровский В.И., Серникова О.С., Кончин В.А.// Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 1 (46). С. 79-85.
8. Результаты исследования износостойкости плазменного покрытия из твердосплавного порошкового материала/ Кончин В.А.// Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 2 (47). С. 30-32.
9. Оптимизация состава наплавляемых порошковых композиций с целью улучшения качества плазменных покрытий стрелчатых лап культиватора/ Кончин В.А.// Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 4 (49). С. 69-78.
10. Упрочнение деталей машин композиционными электроосажденными покрытиями с применением электроэрозсионных диспергированных твердых сплавов/ Серебровский В.И., Агеев Е.В., Серникова О.С., Кончин В.А., Колмыков В.И.// Курск, 2022.
11. Оптимизация состава наплавляемых порошковых композиций с целью улучшения качества плазменных покрытий стрелчатых лап культиватора/ Кончин В.А.// Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 4 (49). С. 69-78.
12. Влияние подготовки поверхности на прочность сцепления электроосажденных покрытий/ Серебровский В.И., Серникова О.С., Кончин В.А.// Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 1 (46). С. 79-85.

13. Определение гранулометрического размера электроэрозионного порошка титано-карбидовой группы, полученного в воде дистиллированной/ Кончин В.А., Серникова О.С., Кучерявенко Е.С.// В сборнике: Современные материалы, техника и технология. сборник научных статей 12-й Международной научно-практической конференции. Курск, 2022. С. 193-196.

Novoseltsev Vladimir Mikhailovich, Senior Lecturer

(novoseltsev-vladimir@mail.ru)

Vladimir Alekseevich Konchin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor (e-mail: konchin98@mail.ru)

Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanova, Kursk, Russia

A NEW APPROACH TO SOLVING PROBLEMS USING THE ARITHMETIC PROGRESSION OF THE 3RD ORDER

Abstract: This article discusses the problem of calculating the number of different points at which a grasshopper can stop after making n jumps in a three-dimensional coordinate system. Each jump of a grasshopper has a single length and can be directed along one of the axes: OX, OY or OZ. The geometric interpretation of the movement of a grasshopper in the form of an octahedron (octahedron) is analyzed, in which the extreme points of the movement of the grasshopper are located on its faces. The methods of arithmetic progression and third-order polynomials are used to calculate the number of points at which the grasshopper can stop. A formula is derived that makes it possible to calculate the number of different points depending on the number of jumps n. The result of the study is a formula for the total number of possible stopping points of a grasshopper.

Keywords: grasshopper, three-dimensional coordinate system, jumps, number of points, octahedron, octahedron, arithmetic progression, third-order polynomials, mathematical modeling, cubic formula.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВЫПЕЧКИ ХЛЕБА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Нугманов Альберт Хамед-Харисович, д.т.н., профессор

Российский государственный аграрный университет –

Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева

Волков Иван Евгеньевич,

Астраханский государственный технический университет

Савельев Алексей Петрович, кандидат технических наук,

Военная академия материально-технического

обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулева

В статье рассмотрены возможности интенсификации производства и обеспечения потребителей доброкачественным хлебом из сбивного бездрожжевого теста и разработана методика эксплуатации пекарной камеры при выпечке хлеба с применением обоснованных параметров парогазовой среды при использовании ИК электронагревателей.

Ключевые слова: интенсификация, хлеб, сбивное, бездрожжевое, тесто, эксплуатация, пекарная камера, выпечка, ИК излучение.

Создание математической модели процесса выпечки хлеба предполагает выделить четыре расчетные зоны. При этом количество излучающих зон в каждой

моделируемой зоне выпечки принимали равным трем. Предполагалось позонное изменение задаваемых характеристик пекарной камеры: температуры ее теплоотдающей поверхности и пода в месте соприкосновения с тестозаготовкой (ТЗ) [1].

Расчет внешнего тепломассообмена в используемой печи предполагает наличие информации о теплофизических характеристиках (ТФХ) среды, которая контактирует с открытой поверхностью ТЗ. В число этих характеристик включают плотность ρ_c , удельную изобарную теплоемкость c_c , теплопроводность λ_c и динамическую вязкость η_c .

Предполагают, что среду пекарной камеры можно принять бинарной смесью сухого воздуха и водяного пара [2-4] В этом случае исходное выражение для определения ее плотности ρ_c можно представить в виде уравнения:

$$\rho_c = \varepsilon_n^{кам} \rho_n - (1 - \varepsilon_n^{кам}) \rho_v,$$

где ρ_n – парциальная плотность водной среды в виде пара, кг/м³;

ρ_v – парциальная плотность сухого воздуха, кг/м³.

Принимая свойства среды пекарной камеры идеальными, расчетное уравнение можно представить, как уравнение вида:

$$\rho_c = \frac{\rho_c(1,61 - 0,61\varepsilon_n^{кам})}{R_n(t_c + 273)}$$

Известно, что для среды обладающей изобарными свойствами такими как среда пекарной камеры для теплоемкости справедливо выражение:

$$c_c = \frac{29 + 7\varepsilon_n^{кам}}{29 - 11\varepsilon_n^{кам}}$$

Оно является следствием преобразований известной формулы [5]:

$$c_c = \frac{\varepsilon_n^{кам} \mu_n c_n - (1 - \varepsilon_n^{кам}) \mu_v c_v}{\varepsilon_n^{кам} \mu_n - (1 - \varepsilon_n^{кам}) \mu_v}.$$

В этой формуле молекулярная масса водяного пара μ_n и сухого воздуха μ_v приняты равными 29 кг/кмоль и 18 кг/кмоль, при этом их изобарные теплоемкости, соответственно, равны – 2 и 1 кДж/(кг С).

Определение коэффициента теплопроводности среды пекарной камеры можно произвести таким образом:

$$\lambda_c = \varepsilon_n^{кам} \lambda_n + (1 - \varepsilon_n^{кам}) \lambda_v$$

Это вызвано изменениями в процессе выпечки коэффициентов теплопроводности находящихся в камере водяного пара λ_n и сухого воздуха λ_v . С достаточной точностью их получают с помощью аппроксимаций уравнений [6]:

$$\lambda_n = 1,38 \cdot 10^{-2} + 9,35 \cdot 10^{-5} t_n$$

и

$$D = 4 \cdot 10^{-5} \quad \lambda_v = 2,48 \cdot 10^{-2} + 7,25 \cdot 10^{-5} t_v.$$

Так как

$$t_n = t_v = t_c$$

окончательно выражение для определения коэффициента теплопроводности λ_c можно записать в виде:

$$\lambda_c = 2,48 \cdot 10^{-2} - 1,10 \cdot 10^{-2} \varepsilon_n^{кам} + 7,25 \cdot 10^{-5} t_c + 2,50 \cdot 10^{-5} \varepsilon_n^{кам} t_c$$

Используя аналогичные рассуждения для расчета коэффициента динамической вязкости среды пекарной камеры получим:

$$\eta_c = (18,40 - 10,50\varepsilon_n^{кам} + 3,75 \cdot 10^{-2}t_c + 0,26 \cdot 10^{-2}\varepsilon_n^{кам}t_c) \cdot 10^{-6}$$

исходя из того, что

$$\eta_n = 7,90 \cdot 10^{-6} + 4,01 \cdot 10^{-8}t_n,$$

и, кроме того,

$$\eta_s = 18,40 \cdot 10^{-6} + 3,75 \cdot 10^{-8}t_s,$$

$$\eta_c = \varepsilon_n^{кам}\eta_n + (1 - \varepsilon_n^{кам})\eta_s.$$

Приведенные соотношения определяют простейший алгоритма расчета теплофизических характеристики среды внутри пекарной камеры. Наряду с рассмотренными характеристиками, в программном модуле, можно предусмотреть вычисление термического и массообменного чисел Прандтля [7]:

$$Pr_m = \eta_c c_c / \lambda_c,$$

$$Pr_m = \eta_c / \rho_c D,$$

для которых коэффициент диффузии вычисляют в зависимости от температуры среды t_c :

$$D = 21,6 \cdot 10^{-6}(1 + t_c/273)^{1,8}.$$

Таким образом, опираясь на результаты проведенных исследований, расчет внешнего тепломассообмена при прогреве открытой части тестозаготовки с помощью ИК нагревателей можно разбить на несколько сопряженных вычислительных этапов.

Список литературы

1. Романчиков С.А., Уточкин Е.В., Сызранцев Д.В. Обоснование эксплуатационных характеристик технологического оборудования для производства функционального хлеба / С.А. Романчиков, Е.В. Уточкин, Д.В. Сызранцев // Вестник Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулева. 2023. № 1 (33). С. 74-79.
2. Алексеев Г.В. Технология хлеба и хлебобулочных изделий: учебное пособие для СПО/ Г.В. Алексеев, Ю.Ф. Росляков, В.В. Литвяк – Санкт-Петербург: Лань, 2024 – 516 с.: ил.
3. Волков И.Е., Романчиков С.А., Леу А.Г., Алексеев Г.В. Возможности использования ультразвуковых колебаний при гомогенизации пищевых сред / И.Е. Волков, С.А. Романчиков, Леу А.Г., Алексеев Г.В. Пищевая промышленность. 2023. № 1. С. 23-27.
4. Алексеев Г.В., Хрушкова Е.Н., Красильников В.Н. Возможности применения мембранных процессов для производства продуктов функционального назначения. Вестник Международной академии холода. 2010. № 3. С. 32-37.
5. Ермошин Н.А., Романчиков С.А., Волков И.Е. Создание математической модели приготовления сбивного теста / Н.А. Ермошин, С.А. Романчиков, И.Е. Волков // Хлебопродукты. 2022. № 8. С. 36-39.
6. Алексеев Г.В., Головацкий В.А., Краснов И.В. Некоторые направления повышения эффективности технологического оборудования для переработки пищевого сырья. Известия Санкт-Петербургского государственного университета низкотемпературных и пищевых технологий. 2007. № 3. С. 52
7. Муравьев К.Ю., Баракова Н.В. 2018 Получение селеносодержащих экстрактов из растительного сырья. Известия Воронежского государственного университета инженерных технологий 80 (3) 212-219. DOI:10.20914/2310-1202-2015-1-191-194

Nugmanov Albert Hamed-Kharisovich, Doctor of Technical Sciences, Professor

Ivan E. Volkov, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy Astrakhan State Technical University

Alexey Petrovich Savelyev, Candidate of Technical Sciences, Federal State Educational Institution of Higher Education "Military Academy of Logistics named after General of the Army A.V. Khrulev"

MODELING OF BREAD BAKING PROCESSES AT EXPOSURE TO INFRARED RADIATION

Abstract. The article considers the possibilities of intensifying production and providing consumers with high-quality bread made from beaten yeast-free dough and develops a technique for operating a baking chamber when baking bread using reasonable parameters of the combined-cycle environment when using infrared electric heaters.

Keywords: intensification, bread, churned, yeast-free, dough, operation, baking chamber, baking, IR radiation.

КОМПЬЮТЕРНЫЙ ИНЖЕНЕРНЫЙ АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Паракишин Владимир Сергеевич, студент

(2021100737@togudv.ru)

Вайнер Леонид Григорьевич, д. т. н., профессор

(004171@ togudv.ru)

Тихоокеанский государственный университет

Петкевич Всеволод Михайлович, магистрант

Дальневосточный государственный университет путей сообщения

В данной статье рассматриваются методические аспекты и возможности компьютерного моделирования в одном из пакетов инженерного анализа для исследования основных характеристик, определяющих работоспособность ветроэнергетических установок.

Ключевые слова: ветроэнергетическая установка, геометрия, напряжения, деформации, ветровой поток.

Будущее человечества сегодня во многом определяется состоянием и тенденциями в изменении экологии окружающего нас жизненного пространства. Одна из основных сфер, создающих глобальные экологические проблемы, является энергетика. Долгие годы основными источниками энергии были природные ископаемые ресурсы: нефть, газ, уголь. Рост потребления электроэнергии в промышленности и в быту приводит к увеличению числа электростанций, а, следовательно, к загрязнению окружающей среды вследствие выбросов отходов в атмосферу, воду и землю.

Развитие энергетики связано с заменой использования ископаемых ресурсов и традиционных источников энергии на возобновляемые, которые наряду с экологической чистотой имеют практически неограниченный ресурс и отличаются отсутствием затрат на дополнительное сырье [1].

Рациональное применение совокупности всех этих факторов позволяет существенно снизить как остроту экологических проблем в энергетике, так и стоимость электроэнергии для потребителей.

Ветроэнергетика в настоящее время относится к одному из основных и самых распространенных видов альтернативных источников энергии, наряду с гелиоэнергетикой, гидроэнергетикой, геотермальной, водородной и др.

Дальнейшее расширение областей распространения ветровой энергетики требует постоянного совершенствования конструктивных параметров ветроэнергетических установок, решения актуальных технологических и эксплуатационных задач.

В данной работе авторы продолжают начатый в [2] анализ возможностей использования компьютерного моделирования в CAD-CAE среде для исследовательских и образовательных задач в целях повышения эффективности ветрогенератора.

Для решения рассматриваемых задач можно воспользоваться рядом альтернативных систем автоматизированного проектирования (САПР).

Среди них наибольшую популярность для решения газодинамических и механических задач приобрели пакеты Fluent и SolidWorks.

Fluent – программа, разрабатываемая американской компанией "Ansys", является достаточно узконаправленной САПР, обеспечивающей быстрый и точный результат в широком диапазоне газодинамических задач [3].

SolidWorks – САПР, разрабатываемая компанией "Dassault Systemes", является универсальной программой для создания трехмерных моделей, инженерного анализа, проектирования и т. п. Этот пакет включает в себя подсистемы, позволяющие проводить расчеты динамических параметров потока, напряженно-деформированного состояния, а также анимировать объекты [4].

В данной работе использована программа SolidWorks как более универсальная и позволяющая проводить сразу несколько разных исследований в одном рабочем пространстве.

Цель первого этапа моделирования - создание трехмерной модели пропеллера. Для этого вычерчивается эскиз лопасти 1 (рис. 1), который в дальнейшем разбивается на секторы 2. Каждый сектор характеризует собой поперечное сечение лопасти, что дает информацию о форме и угле установки каждого профиля. Далее получившиеся секторы вытягиваются, образуя замкнутый контур.

Затем создается ось пропеллера, к которой крепятся лопасти (рис. 2).

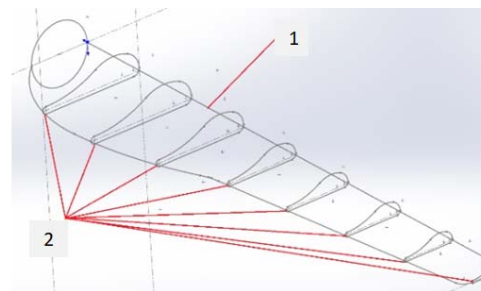


Рис. 1. Создание лопасти

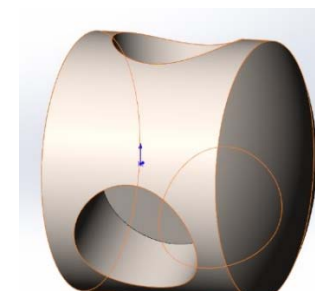


Рис. 2. Ось пропеллера

Далее необходимо объединить получившиеся модели, с целью создания готовой модели пропеллера ветрогенератора (рис. 3).

Для моделирования аэродинамических параметров ветрогенератора на втором этапе анализа воспользуемся встроенным в SolidWorks модулем FlowSimulation, с помощью которого оценим влияние угла установки лопасти на создаваемый ветровым потоком вращающий момент.

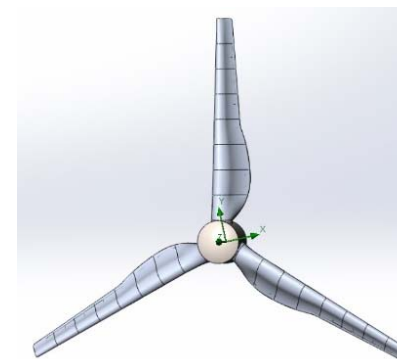


Рис. 3. Пропеллер в сборе

Начальные условия и исходные данные: текущая среда проекта – воздух, скорость входного потока, направленная по оси Z равна -15 м/с.

В результате расчетов выходных параметров проекта получаем распределенные характеристики таких параметров как траектория потока, давление, скорость, температура и получаем графики изменения параметров потока по длине рассматриваемых элементов (рис. 4).

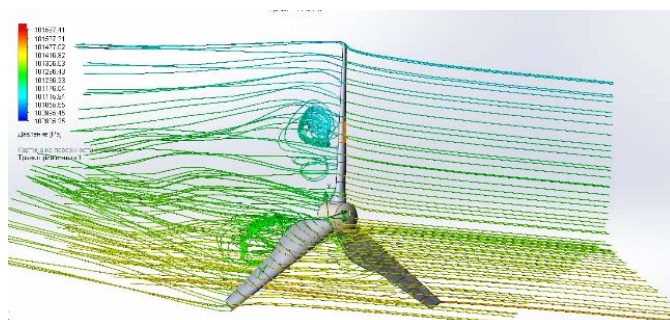


Рис. 4. Изменение давления и направления потока

По результатам исследования получаем график зависимости крутящего момента M от угла установки лопасти ϕ при постоянных давлении и скорости ветра (рис. 5).

Для определения прочностных характеристик воспользуемся встроенной подсистемой Simulation, в которой целесообразно проводить исследования напряженно-деформированного состояния упругих объектов [4].

Перед началом исследования необходимо задать материал моделей, для этого можно воспользоваться библиотекой материалов или создать новый материал, задав его основные параметры. Далее необходимо задать опоры и приложить заданную нагрузку и запустить исследование модели.

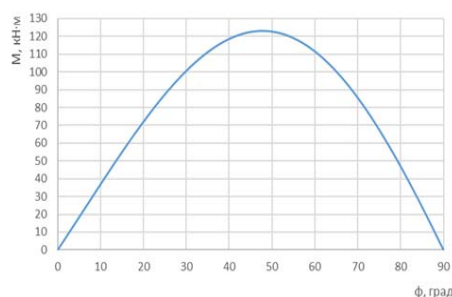


Рис. 5. График зависимости крутящего момента от угла установки лопасти

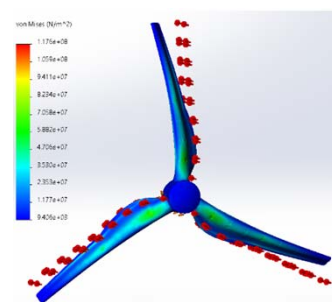


Рис. 5. Результаты исследования НДС

Перед началом исследования необходимо задать материал моделей, для этого можно воспользоваться библиотекой материала или создать новый материал, задав его основные параметры. Далее необходимо задать опоры и приложить заданную нагрузку и запустить исследование модели.

Выходные прочностные и деформационные характеристики, полученные в результате расчетов – эпюры напряжений, относительных перемещений, деформаций (рис. 6). В случае необходимости результаты можно расширить путем определения дополнительных эпюр и уравнений.

Таким образом, проведенный анализ возможностей моделирования показал, что исследования конструкции в объединенном CAD-CAE пакете позволяет варьированием конструктивных параметров обеспечивать требуемые выходные характеристики ветрогенератора при заданных начальных условиях среды.

Список литературы

1. Территориальная организация возобновляемой электроэнергетики России. Дегтярев, К. С. Синюгин О. А. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/territorialnaya-organizatsiya-vozobnovlyaemoy-energetiki-rossii/viewer> (дата обращения 10.12.2024).
2. Паракшин В. С., Вайнер Л. Г. Имитационное моделирование лопасти винта ветрогенератора в CAD-CAE системе // Энергия знаний: сборника научных статей Международного научно образовательный конгресса молодежи (26 ноября 2024 года); Юго-Западный государственный университет/ Под ред. Новиков Е.П.. - Курск: Изд-во ЗАО «Университетская книга», 2024. – 271 с. 181-184.
3. Численное моделирование обтекания аэродинамического профиля и лопасти ветрового колеса. Д. Ю. Евсеев, О. К. Овчинникова. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/chislennoe-modelirovanie-obtekaniya--profilya-i-lopasti-vetrovogo-kolesa/viewer> (дата обращения 10.12.2024).
4. Использование SolidWorks и COSMOSWorks в проектировании ветроустановок. О. Ефанов, В. Потемкин. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.cadcamcae.lv/hot/veter_n16_p26.htm (дата обращения 10.03.2025).

Parakshin Vladimir Sergeevich, student

(e-mail: 2021100737@togudv.ru)

Pacific National University, Khabarovsk, Russia

Vainer Leonid Grigoryevich, Doct. Tech.Sci., professor

(e-mail: 004171@togudv.ru)

Pacific National University, Khabarovsk, Russia

Petkevich Vsevolod Mikhaylovich, master's degree student

Far Eastern State Transport University, Khabarovsk, Russia

FEATURES OF INTERROGATION OF MINORS ON PRELIMINARY INVESTIGATION

Abstract. This article discusses the methodological aspects and possibilities of computer modeling in one of the engineering analysis packages for the study of the main characteristics that determine the operational capacity of wind power plants.

Keywords: wind power plant, geometry, stresses, deformations, wind flow.

РЕМОНТ ПОСТЕЛИ РАСПРЕДВАЛА ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ХГН

Подхалдин Георгий Игоревич, студент

(e-mail: gog605@yandex.ru)

Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова

В данной статье представлен обзор процесса восстановления постелей распределительных валов дизельных двигателей с применением в ходе ремонта метода ХГН.

Ключевые слова: холодное газодинамическое напыление, восстановление, постель распределителя, ремонт, дизельный двигатель, распределительный вал, вкладыши.

Распределительный вал является одной из основных деталей двигателя. Его наиболее нагруженные части — это кулачки и подшипники скольжения, то есть вкладыши. Зазоры между вкладышами и валом минимальные, поэтому для уменьшения трения внутри втулок подается смазка в виде моторного масла по специальным каналам. [1,2]

Причины выхода из строя деталей распределительного вала двигателя могут быть различными:

- сильный и долгий перегрев двигателя;
- работа при малом количестве или полностью отсутствующем смазочном масле;
- слабое давление масла из-за дефектов в масляном насосе;
- попадание между вкладышем и распределительным валом грязи через масляные фильтры. [3]

Истирание втулок распределителя приводит к тому, что появляются задиры или даже заусенцы на внутренней поверхности (рис. 1). Из-за этого зазоры распределительного вала с вкладышами становятся больше, что негативно влияет на работу двигателя. По этой причине смазка может начать распределяться неравномерно, что приводит к дополнительному износу деталей. [4]



Рисунок 1 – Износ постели распределительного вала

Ремонт неисправной постели распределительного вала начинают с замеров диаметров втулок и постели. После этого, если зазоры на бугелях распределителя слишком большие, то производится напыление материала методом ХГН (рис. 2). При напылении используются порошки, получаемые методом электрической эрозии. Такая технология восстановления имеет ряд преимуществ и позволяет восстановить размеры постели распределителя без ее возможной деформации, так как напыление происходит без нагрева восстанавливаемой детали, а также повышает ее износостойкость. [5,6]



Рисунок 2 – Напыление электроэрозионного порошка на восстанавливаемую поверхность

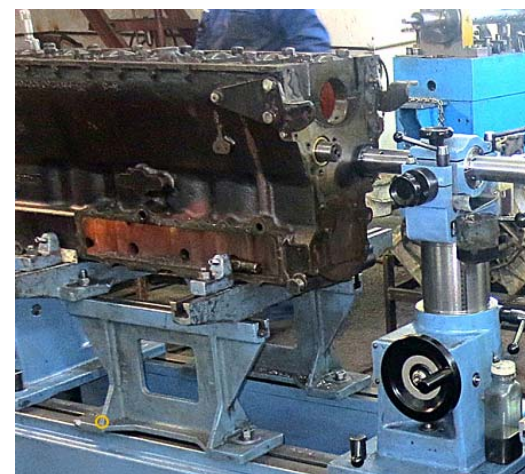


Рисунок 3 – Расточка постели распределительного вала

Далее постель растачивается на горизонтально-расточном станке (рис. 3), подбираются новые вкладыши, производится их тщательный замер в двух осях и соосности между собой.

Последний и самый важный этап – это расточка втулок на нужный размер, после чего при получении допустимых размеров можно собирать мотор. [7]

Список литературы

1. Подхалдин Г.И. К вопросу о восстановлении изношенных постелей распредвала / Г.И. Подхалдин – Интеллектуальные системы в аграрном и строительном комплексе. Том 2.: сборник материалов Международной научнопрактической конференции. – Орел: Изд-во Орловский ГАУ, 2023 – с. 212-216.
2. Агеев Е. В. Техническое обслуживание и ремонт машин в АПК [Текст]: учебное пособие / Е. В. Агеев, С. А. Грашков. – Курск : Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2019. – 185 с.
3. Черноиванов, В.И., Организация и технология восстановления деталей машин [Текст] / В.И. Черноиванов, В.П. Лялякин, И.Г. Голубев. // М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. - 568 с.
4. Кравченко, И.Н. Технологические процессы в техническом сервисе машин и оборудования: учебное пособие [Текст] / И.Н. Кравченко, А.Ф. Пузряков, В.М. Корнеев [и др.] // Москва: ИНФРА-М, 2020. — 346 с.
5. Севостьянов, В. А. Перспективные способы восстановления деталей машин [Текст] / В. А. Севостьянов, Д. В. Третьяков, Д. А. Рожков // Молодой ученый, 2021. - № 7 (349). - с. 29-30.
6. Агеев, Е.В. Разработка и исследование технологии восстановления и упрочнения изношенных деталей машин композиционными гальваническими покрытиями с применением в качестве упрочняющей фазы вольфрамсодержащих электроэрозионных порошков микро- и нанодисперсий [Текст] / Агеев Е.В., Серебровский В.И. // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. – 2021. – Т. 11.– № 2. – С. 42-66.
7. Пучин Е.А. Технология и организация восстановления деталей и сборочных единиц при сервисном сопровождении [Текст]: учеб. пособие / Е.А. Пучин [и др.]; под ред. Е.А. Пучина. — Курск: Изд-во Курской гос. сельскохозяйственной академии, 2010. — 520 с.

Podkhaldin Georgy Igorevich, student

(e-mail: gog605@yandex.ru)

Kursk state agricultural academy, Kursk, Russia

RESTORATION OF CAMSHAFT BEDS USING THE COLD GAS DYNAMIC SPRAY METHOD

Abstract. This article provides an overview of the process of restoring camshaft beds of diesel engines using the cold gas dynamic spray method.

Keywords: cold gas-dynamic spraying, restoration, camshaft bed, repair, diesel engine, camshaft, liners.

DOI 10.47581/2025.SXA-12/Prokaev-Kachura-01

ГРАФИТОСОДЕРЖАЩИЕ АЛЮМОМАТРИЧНЫЕ СВС-КОМПОЗИТЫ TiC-C-Al В КАЧЕСТВЕ ЭЛЕКТРОСКОЛЬЗЯЩИХ МАТЕРИАЛОВ В СИСТЕМЕ «БАШМАК - РЕЛЬС» ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ МЕТРОПОЛИТЕНА

Прокаев Андрей Евгеньевич, студент

(e-mail: andrey.prokayev@inbox.ru)

Качура Андрей Дмитриевич, аспирант

(e-mail: ruw223@mail.ru)

Умеров Эмиль Ринатович, к.т.н., ведущий научный сотрудник

(e-mail: umeroff2017@yandex.ru)

Ибатуллин Ильдар Дулгасович, д.т.н., ведущий научный сотрудник

(e-mail: tribo@rambler.ru)

Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

В данной статье рассматриваются особенности изготовления графитосодержащих алюмоматричных композитов состава TiC-C(графит)-Al методом СВС с самопроизвольной инфильтрацией расплава алюминия. Полученные композиты были испытаны в качестве электроскользящих контактов в системе «башмак-рельс» электропоездов метрополитена.

Ключевые слова: Самораспространяющийся высокотемпературный синтез, композит, трение, износ

Введение

Скользящие электрические контакты относятся к парам трения, где контактные давления относительно невелики из-за минимального усилия прижатия, чтобы не оказывать сопротивления движению, но достаточные чтобы создать электрический контакт. В таких условиях широко применяют композитные металломатричные материалы, содержащие графит, в качестве электропроводной твердой смазки [1; 2]. Одним из наиболее востребованных скользящих контактов на железнодорожном электротранспорте является узел 3-го рельса, в котором ток течет от положительного электрода – контактного рельса (рис. 1, а) к башмаку (рис. 1, б). Проблемой является повышенный износ материала накладки (башмака), а также износ контактного рельса. Стандартные башмаки токоприемника изготавливают из стали 25Л (ГОСТ 977-88) – низкоуглеродистой стали с пониженным омическим сопротивлением.

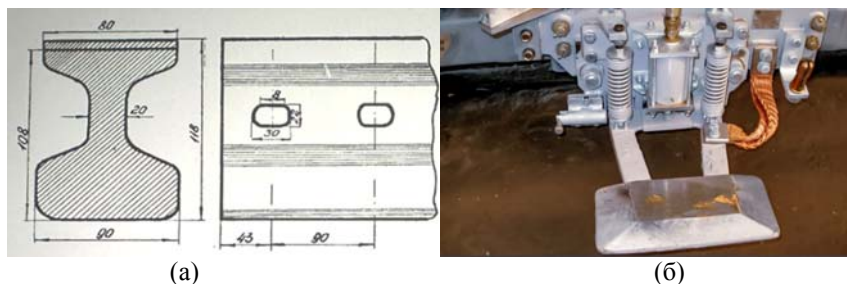


Рис. 1 - Контактный рельс (а) и конструкция токоприемника с башмаком (б)

Повышение эффективности работы узла, показанного на рис. 1, может быть обусловлено повышением электропроводности башмака, снижением коэффициента трения башмака о рельс, а также повышением износостойкости башмака. Для одновременного решения трех задач предлагается рассмотреть в качестве скользящего материала – композитный материал на основе алюминия состава: Al-C-TiC. В данном композите, алюминий обеспечивает высокую электропроводность, углерод в форме графита - снижение коэффициента трения, а высокотвердый карбид титана TiC повышает износостойкость башмака. Изготовление композита Al-C-TiC сопряжено с рядом технологических сложностей, связанных с плохим смачиванием расплавом алюминия графита и карбида титана [3; 4]. Авторы работы разработали простой и энергоэффективный способ изготовления композитов TiC-Al с помощью метода самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) в режиме горения. СВС позволяет получать за счет саморазогрева при горении пористую заготовку из TiC с высокой температурой (до 2800 °C), которая при такой высокой температуре способна самопроизвольно впитывать расплав алюминия, образуя таким образом однородный композит TiC-Al [5; 6].

Данная работа направлена на исследование возможности введения свободного графита в пористый TiC каркас для его дальнейшей пропитки алюминием с целью получения композита Al-C-TiC и его испытание в качестве электроскользящего материала.

Материалы и методы

В работе использовались порошки титана марки ТПП-7 (ТУ1715-449-05785388, ≤ 300 мкм), графит коллоидный марки С-2 (ГОСТ 17022-81, ≤ 15 мкм) и марки ГМЗ (ТУ 48-20-16-81, 10 – 1000 мкм). Просушенные порошки титана марки ТПП-7 и углерода в виде графита марки С-2, взятые в стехиометрическом соотношении для синтеза карбида титана по реакции $Ti + C = TiC$, предварительно смешивались в шаровой мельнице с числом оборотов 105 об/мин в течение 20 минут. При этом 100% избыток углеродной добавки в виде порошка графита марки ГМЗ, равный по массе графиту в стехиометрической смеси Ti+C, вводился на финальном этапе смешения для предотвращения измельчения добавок графита. Шихтовые смеси в сыпном виде загружались в цилиндрические полые стаканы диаметром 22 мм из однослойной бумаги. Бумажный

стакан с шихтой помещался на песчаное основание, в котором предварительно готовилось углубление для расплава алюминия, а также подводилась электрическая спираль накаливания для зажигания, то есть инициирования процесса СВС в режиме горения. После запуска реакции СВС, образовывался пористый графитосодержащий каркас TiC-C, который немедленно пропитывался расплавом алюминия, приготовленным при температуре 900 °C. Из полученного композита вырезались цилиндрические образцы диаметром 5 мм и длиной 30 мм для испытания в качестве электроскользящего материала. В качестве привода использовали токарный станок. Хвостовик диска фиксировали в трехкулачковом патроне, а измерительный блок – в резцедержателе. Нагружение пальцев осуществляли через пружину жесткостью 50Н/м. С учетом площади контакта двух пальцев диаметром 5 мм равной 39,25 мм², где r - радиус пальца, усилие на пальцы составляло 1 Н. При этом контактное давление, прижимающее пальцы к диску, составляет около 0,0255 МПа, что несколько превышает давление прижатия башмака к рельсу (0,0157 МПа). Частота вращения шпинделя с диском составляла 600 об/мин, что соответствует линейной скорости скольжения пальцев по диску 9,04 км/час. Длительно испытаний составляла 30 минут. При трении на образцы подавали напряжение от блока питания (12В) с последовательно соединенным сопротивлением, ограничивающим ток при замыкании контактов через диск до 2,5 Ампер. Это создает плотность тока в образцах, аналогичную максимально допустимой плотности тока, проходящего через башмак в реальном токосъемнике. В процессе испытаний измеряли величину крутящего момента, пропорционального силе трения, в зоне контакта палец – диск.

Результаты

Для испытаний были изготовлены образцы композитов TiC-C(графит)-Al двух видов, отличающиеся только размерами частиц свободного графита. Образец №1 - композит с графитом марки ГМЗ с размерами частиц от 0,5 до 3 мм; образец №2 – композит с графитом марки ГМЗ с размерами части от 0,1 до 1,0 мм. Внешний вид данных композитов представлен на рис.2.

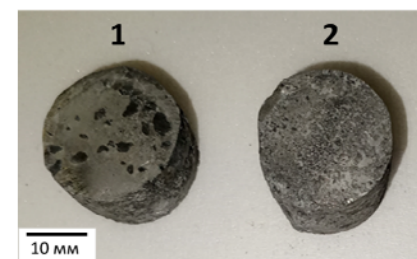


Рис. 2 - Образцы СВС-композитов:
1 –TiC-ГМЗ (0,5-3,0 мм)-Al; 2 – TiC-ГМЗ (0,1-1,0 мм)-Al

При работе пальцев, изготовленных из материала штатного башмака, наблюдалось частое образование и разлет искр, а также сноп небольших искр виден

на границе «палец-диск». При работе алюмоматричных композитов разлет иск наблюдался значительно реже. С подключением тока резко меняется картина трения на эпюрах момента трения. Появляются резкие скачки (рис. 3) момента трения, что свидетельствует о непрерывном появлении и разрушении мостиков сварки, на фактических пятнах касания трущихся тел. Прочность мостиков сварки зависит от природы контактирующих материалов. Чем более однородны материалы (например, при трении одного стального образца по другому), тем легче образуются между ними прочные металлические связи.

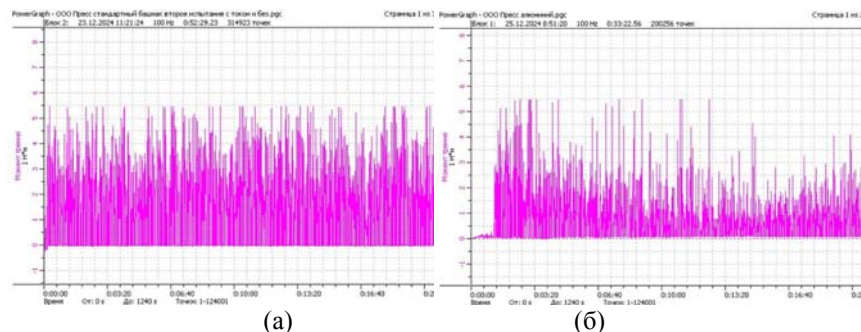


Рис. 3 - Эпюры трения пары трения «палец-диск» с пальцами из: штатного материала (а) и графитонаполненных алюмоматричных композитов (б)

В трибологии есть правило – во избежание схватывания избегать использования в трущихся соединениях однородных материалов, особенно если они не прошли обработку упрочнением или не были подвержены поверхностной модификации [7]. В этом плане пара трения «алюминий – сталь» является более выигрышной. Мостики сварки образуются и в этом случае, но разрушаются они значительно легче. Это подтверждают и эпюры испытаний, показанные на рис. 3. Тенденция момента трения к снижению (на 37%) при трении диска об образцы графитонаполненных алюмоматричных композитов объясняется еще и графитизацией поверхности трения диска (рис. 4). Графит заполняет впадины диска, препятствует образованию металлических связей между поверхностями трения, но не препятствует протеканию электрического тока. Кроме того, графит снижает трение и, соответственно, нежелательный нагрев деталей при высоких скоростях скольжения.

Еще один существенный фактор повышения надежности и долговечности фрикционного контакта типа «палец-диск» заключается в том, чтобы при трении обеспечивалось создание обратной пары трения, т.е. тело с меньшей поверхностью трения (палец) должно иметь меньшую твердость, чем материал контртела (диска). При использовании пары «стальной диск – алюминиевый палец» это условие выполняется автоматически. При выборе двух стальных поверхностей невыполнение этого условия приведет к формированию «прямой» пары трения, склонной к образованию недопустимых форм трения и изнашивания

ния (схватывание, задир, микрорезание), которые приводят к ускоренному выходу узла трения из строя.



Рис. 4 - Вид поверхности трения диска после испытания композита TiC-C-Al

По завершении испытаний определяли линейный износ пальцев, как разницу между высотой пальца до и после трения. Износ пальцев, изготовленных из материала штатного башмака, составил 350 мкм, что соответствует скорости изнашивания 700 мкм/час. Износ пальцев, изготовленных из алюмоматричных композитов №1 и №2 (№1 - композит с графитом ГМЗ с размерами частиц от 0,5 до 3 мм; №2 – композит с графитом ГМЗ с размерами частиц от 0,1 до 1,0 мм) составил соответственно 208 мкм/час и 392 мкм, что в 1,8...3 раза ниже, чем у штатных материалов. Это позволяет рекомендовать провести апробацию новых композитов в контактной паре «башмак – токовый рельс».

Выводы

Изготовлен стенд типа «палец-диск» для оценки работоспособности алюмоматричных композитов, содержащих графит, в качестве башмака токосъемника электропоездов. Исследования показали, что новые композиты обладают более высокой износостойкостью по сравнению со штатным материалом башмака при трении о токовый рельс. Так образец композита TiC-C-Al с более крупными частицами графита (до 3 мм) показал снижение износа в 3 раза, а TiC-C-Al, с меньшими частицами графита (0,1 – 1,0 мм) – в 1,8 раз по сравнению со стальными образцами.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-79-10187, <https://rscf.ru/project/24-79-10187/>

Список литературы

1. Kubota Y, Nagasaka S, Miyauchi T, Yamashita C, Kakishima H. Sliding wear behavior of copper alloy impregnated C/C composites under an electrical current. *Wear*. 2013 Apr 1;302(1-2):1492-8.
2. Zhou T, Wang X, Qin LX, Qiu WT, Li SF, Jiang YB, Jia YL, Li Z. Electrical sliding friction wear behaviors and mechanisms of Cu-Sn matrix composites containing MoS₂/graphite. *Wear*. 2024 Jun 15;548:205388.
3. Zhao J, Wu X, Ning L, Zhang J, Han C, Li Y. Wetting of aluminium and carbon interface during preparation of Al-Ti-C grain refiner under ultrasonic field. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2021 Aug 1;76:105633.
4. Rohatgi P.K., Tabandeh-Khorshid M., Omrani E., Lovell M.R., Menezes P.L. Tribology of Metal Matrix Composites. In: *Tribology for Scientists and Engineers*. NY: Springer New York; 2013. p. 233–268. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-1945-7_8

5. Amosov A.P., Latukhin E.I., Umerov E.R. Applying Infiltration Processes and Self-Propagating High-Temperature Synthesis for Manufacturing Cermets: A Review. Russian Journal of Non-Ferrous Metals. 2022;63(1). <https://doi.org/10.3103/S1067821222010047>

6. Amosov A., Amosov E., Latukhin E., Kichaev P., Umerov E. Producing TiC-Al Cermet by Combustion Synthesis of TiC Porous Skeleton with Spontaneous Infiltration by Aluminum Melt. In: 2020 7th International Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects (EFRE). IEEE; 2020. p. 1057–62. <https://doi.org/10.1109/EFRE47760.2020.9241903>

7. Полюшкин, Н.Г. Основы теории трения, износа и смазки: учеб. пособие / Н.Г. Полюшкин; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2013. – 192 с.

Prokaev Andrey Evgenievich, student

Samara State Technical University, Samara, Russia

Kachura Andrey Dmitrievich, graduate student

Umerov Emil Rinatovich, Cand.Tech.Sci., Lead Researcher

Samara State Technical University, Samara, Russia

Ibatullin Ildar Duglasovich, Dr.Tech.Sci., Lead Researcher

Samara State Technical University, Samara, Russia

GRAPHITE-CONTAINING ALUMINUM-MATRIX SHS-COMPOSITES TiC-C-Al AS ELECTRIC SLIDING MATERIALS IN THE SHOE-RAIL SYSTEM OF SUBWAY ELECTRIC TRAINS

Abstract. This article discusses the features of manufacturing graphite-containing aluminum matrix composites of the composition TiC-C(graphite)-Al by the SHS method with spontaneous infiltration of aluminum melt. The resulting composites were tested as electric sliding contacts in the shoe-rail system of subway electric trains.

Keywords: Self-propagating high-temperature synthesis, composite, friction, wear

ПОВЫШЕНИЕ ЗАГРУЗКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОДУКЦИИ

Руденко Вероника Викторовна, доцент, к.т.н.

(e-mail: rudenko@list.ru)

Касьянов Алексей Вячеславович, магистрант

(e-mail: kasyanovf.aleksey@yandex.ru)

*Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова,
г. Курск, Россия*

В статье рассматриваются аспекты повышения производительности загрузки и эксплуатации технологического оборудования при производстве продукции.

Ключевые слова: выпуск продукции, загрузка оборудования, производственное подразделение, эффективность производства.

Сегодня, в условиях продвинутых технологий, эффективность любого предприятия, в том числе и производственных подразделений, зависит от многих факторов. Одним из ключевых является экономический потенциал. Повышение эффективности производства тесно связано с рациональным использованием основных фондов. Рост объемов производства определяется не только увеличением количества основных фондов, но и эффективностью их использования.

Низкая степень использования оборудования ограничивает уровень производства, что, в свою очередь, приводит к увеличению себестоимости из-за амортизационных отчислений, а также снижает прибыль организации[1].

Несмотря на общий позитивный рост производства некоторых товаров, промышленный сектор сталкивается с определенными проблемами. Не все производственные мощности способны достичь желаемых результатов: для перехода на выпуск новой, более качественной продукции требуется модернизация оборудования или повышение его качества. В условиях экономического кризиса и высокой стоимости нового оборудования становится все труднее реализовывать эффективные меры по повышению эффективности всего сектора.

Увеличение производственных мощностей тесно связано с более эффективной загрузкой и эксплуатацией существующего оборудования. Важно рационально и эффективно использовать производственные ресурсы, добиваясь стабильности производства и максимальной загрузки оборудования[2]. Необходимо стремиться к увеличению посменной работы оборудования и увеличению объема продукции, получаемой с каждой единицы оборудования и с каждого квадратного метра производственной площади.

Зачастую развитию производственных предприятий как самостоятельного участника рынка препятствуют особенности их работы, недостаточная эффективность маркетинговых и коммерческих подразделений, нехватка финансовых ресурсов и высокий уровень износа основных фондов. В результате эффективность промышленного производства во многом зависит от правильного использования основных фондов[3].

Производственные мощности играют ключевую роль в удовлетворении рыночного спроса, который может варьироваться в зависимости от объема, ассортимента и расстановки товаров. Поэтому необходимо, чтобы производственные предприятия обладали достаточной гибкостью для адаптации всех технологических операций, что позволяет оперативно изменять производственный процесс в ответ на растущую конкурентоспособность продукции и изменения характеристик объема, номенклатуры и ассортимента. Увеличение производственных мощностей для выпуска конкретной продукции на каждом предприятии определяется исходя из планируемых мощностей, которые учитывают изменения качественных и количественных характеристик оборудования, режимов работы, трудоемкости выпускаемой продукции и других факторов[4].

Коэффициент загрузки оборудования - это отношение времени, в течение которого оборудование фактически использовалось, к общему доступному времени. Этот показатель позволяет выявить нехватку или избыток оборудования. Другими словами, коэффициент загрузки показывает, как долго машины работали на полную мощность в течение определенного периода, выполняя запланированный объем работ. Он рассчитывается для определения уровня использования машин в процессе выполнения конкретных задач.

Этот коэффициент показывает, насколько эффективно распределяется фонд времени, а также в какой степени оборудование обеспечено необходимыми ресурсами. Расчет коэффициента загрузки позволяет оценить степень эффектив-

ности работы станков в различных производственных условиях. Например, если коэффициент равен 0,8, это означает, что в течение 80% времени у оборудования есть все ресурсы для работы, включая инструменты и персонал на местах, в то время как остальным 20% чего-то не хватает.

Увеличение коэффициента загрузки машин и оборудования может рассматриваться как резерв для повышения оптимального уровня эксплуатации производственных мощностей. Например, в рамках внутреннего планирования на предприятии часто возникает задача нахождения оптимума, основанного на максимальном использовании производственных мощностей[5].

При выборе этого критерия подбирается ассортимент продукции, который позволяет достичь наивысшего коэффициента использования оборудования.

Таким образом, увеличение объема выпускаемой продукции (повышения рентабельности) может достигаться за счет максимального использования оборудования, что в определенной степени соответствует внутреннему критерию наилучшего использования производственных мощностей.

Список литературы

1. Юшков А.В., Руденко В.В. Анализ методов минимизации потерь энергии при транспортировке электроэнергии Современные проблемы и направления развития агроинженерии в России: сборник научных статей 3-й Международной научно-технической конференции. - Курск, 2023. - С. 171-173.
2. Руденко В.В., Шаев Д.В. Анализ конструкций пневмосепарирующих систем Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса: сборник научных статей 2-й Всероссийской научно-технической конференции. - Курск, 2024.
3. Фатьянова Т.Д., Руденко В.В. Автоматизация процессов в АПК Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса: материалы IV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. - Курск, 2024. - С. 263-268.
4. Матвеев А. И., Зарубина О. А., Крапивина С. В. О проблемах рациональной загрузки производственных мощностей/ Управление и экономика народного хозяйства России: сб. статей V Международной научно-практической конференции. Пенза: РИО-ПГАУ, 2021. – С. 184–187.
5. Хрипин В. А., Болдоров Д. А. Организационная подготовка к новому виду выпуска продукции / В сборнике: Формирование конкурентной среды, конкурентоспособность и стратегическое управление предприятиями, организациями и регионами. Сборник статей VI Международной научно-практической конференции. Пенза, 2021. С. 270–273.

Rudenko Veronika Viktorovna, Cand.Tech.Sci., associate professor

Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov, Kursk, Russia

Kasyanov Alexey Vyacheslavovich, magistr

Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov, Kursk, Russia

INCREASING THE TECHNOLOGICAL LOAD EQUIPMENT FOR THE PRODUCTION OF PRODUCTS

Abstract.: The article discusses aspects of increasing the productivity of loading and operation of technological equipment in the production of products.

Keywords: production output, equipment loading, production unit, production efficiency.

АВТОНОМНЫЕ МОДУЛЬНЫЕ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ, НА ОСНОВЕ ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОТХОДОВ МЕТОДОМ ГАЗИФИКАЦИИ

Руденко Вероника Викторовна, к.т.н, доцент

(e-mail: rudenko@list.ru)

Арьян Арутюн Володиевич, студент

(e-mail, arytuna193@mail.ru)

Курская государственная аграрная университет имени И.И. Иванова

В данной статье рассматривается современное решения для переработки навоза и помёта, которое позволяло бы экологически безопасно и экономически эффективно утилизировать отходы животноводства и птицеводства с получением удобрения, электрической и тепловой энергии.

Ключевые слова: экологические безопасные технологии, модульные установки, экологически безопасно, переработка, термобарохимическая деструкция.

Вопросы создания экологически безопасной технологии на промышленных автономных модульных установках по переработке сельскохозяйственных отходов, в частности птичьего помёта, являются приоритетными для всех регионов РФ, в которых ежегодно образуется около 640млн.тонн навоза и птичьего помёта, представляющих реальную угрозу здоровью населения. В настоящее время не существует идеального решения для переработки навоза и помёта, которое позволяло бы экологически безопасно и экономически эффективно утилизировать отходы животноводства и птицеводства с получением удобрения, электрической и тепловой энергии[1].

Ценность птичьего помёта как органического удобрения обуславливается, прежде всего, содержанием таких химических элементов, как азот, фосфор и калий. Кроме азота, фосфора и калия, в помёте содержится также ряд микроэлементов: кальций – 0,5 %; магний – 0,5 %; медь – 0,008 %; марганец – 0,004 %; цинк – 0,0026 %; кобальт – 0,008 %; сера – 0,14 %; - бор – 0,0045 %.

Одним из перспективных способов переработки птичьего помёта является метод термической сушки, при котором происходит практически полная стерилизация продукта в процессе переработки и обезвреживания всех вредных веществ, содержащихся в помёте. При термической обработке при температуре ниже 160 °С не происходит снижение количества питательных веществ в сухом птичьем помёте и загрязнение окружающей среды[2].

В основу разработки автономных модульных энерготехнологических комплексов, положен способ термобарохимической деструкции органических отходов, который отличается от ранее применяемых высокими экономическими и экологическими характеристиками[3].

Расчётные величины удельной затраты топлива в зависимости от исходной влажности куриного помёта представлены в таблице 1. Затраты условного топлива ($Q = 7000$ ккал кг = 29,3 дж кг) в расчёте на 1 т сухого помёта ($W = 14$ %)

определялись в предположении к.п.д. сушильного аппарата барабанного типа равном 0,8, затраты на исполнение всего 2,6 Мдж кг.

Таблица1- Расчётные величины удельной затраты топлива в зависимости от исходной влажности куриного помёта

Первоначальная влажность помёта, %	Количество исходного сырья на 1 т сухого помёта, кг	Количество воды, требующей испарения, кг	Суммарные Затраты тепловой энергии, Мдж	Затраты условного жидкого топлива, кг	Затраты помёта (Q = 4000 ккал кг)
80,0	5000	4000	13000	444	723
75,0	4000	3000	9750	333	580
70,0	3333	2333	7582	259	474
65,0	2857	1857	6035	206	377
60,0	2500	1500	4875	166	305
50,0	2000	1000	3250	111	203

В России в настоящее время несколькими фирмами разработаны и выпускаются промышленные сушилки барабанного типа, в частности:

- 1 Ассоциация предприятий БМП (г.Вологда), марка С-1...С-50;
- 2 ООО «СеверПромИнвест» (г. Вологда);
- 3 ООО «Инжиниринг» (г. Казань);
- 4 ООО «Лептон» (г. Бердск);
- 5 ООО «Вакуум BIO»; (г. Краснодар);
- 6 ООО «Термопроцесс» (г. Новосибирск), марки КСУ 2,7 х 12;
- 7 ООО «Daja Nenap» Чжэн Чжоу. (г.Хабаровск), марка АСБ-1.

В сушилках используются, как правило, топочные газы, полученные с использованием горелочных устройств, работающих на природном газе или дизельном топливе, в основном иностранного производства[4].

Возможность создания быстровозводимых модулей получения тепла и электроэнергии, работающих на продуктах переработки сельскохозяйственных отходов, в частности, на курином помёте, которые при сравнительно малых финансовых затратах могут решить сразу несколько задач:

-экономическую: исключение транспортных расходов и платы за приём отходов на полигоне; высвобождение дорогостоящих земельных территорий; получение альтернативного топлива типа RDF, электроэнергии, низкопотенциальной тепловой энергии и минеральных удобрений;

-экологическую: переработка сельскохозяйственных отходов без загрязнения окружающей воздушной среды и вредных выбросов в почву и водоемы.

Модули позволяют обеспечить собственные технологические нужды теплом и электроэнергией.

Список литературы

1. Руденко В.В. Повышение эффективности энергосберегающих технологий. Материалы Международной научно-практической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. – Курск, 2015. С.69-71.
2. Брюханов А.Ю. Обеспечение экологической безопасности животноводческих и птицеводческих предприятий (Наилучшие доступные технологии). –СПб.:ИАЭП, 2017–347 с.

3. Мясоедова М.А., Ароян А.В. Способы повышения энергоэффективности и энергосбережения в предприятиях АПК // В сборнике: Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса: материалы II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Курск, 2021. - С. 288-293.

4. Иконников В.К. Термо-барохимическое обезвреживание опасных и других отходов производства и потребления. Материалы II научно-практической конференции «Комплексное использование вторичных ресурсов и отходов», 24-25 сентября 2009г, Санкт-Петербург, НПК «Механобр-техника», - С. 953.

*Rudenko Veronika Viktorovna, Cand.Tech.Sci., associate professor
Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov, Kursk, Russia*

Aroian Arutiun Volodievich, student

Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov, Kursk, Russia

AUTONOMOUS MODULAR ENERGY-TECHNOLOGICAL COMPLEXES BASED ON THE PROCESSING OF AGRICULTURAL WASTE BY GASIFICATION METHOD

Abstract. This article considers an ideal solution for manure and litter recycling, which would allow environmentally safe and eco-economically efficient utilisation of animal and poultry waste with the production of fertiliser, electrical and thermal energy.

Keywords: environmentally safe technologies, modular plants, environmentally safe, recycling, thermobarochemical destruction.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ ДОСТАВКИ ЧАСТИЦ В ЗОНУ КАТОДА ПРИ ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИИ

Савенков Даниил Вадимович, аспирант

(e-mail: eweletov19@gmail.com)

Кончин Владимир Алексеевич, к.т.н., доцент

(e-mail: konchin98@mail.ru)

Серебровский Владимир Исаевич, д.т.н., профессор

Курский ГАУ, г. Курск

В статье рассматривается использование ультрадисперсных частиц в качестве второй фазы в композиционных покрытиях, что позволяет значительно улучшить их физико-механические характеристики, такие как твердость, износостойкость и коррозионную стойкость. Описываются современные методы доставки ультрадисперсных частиц в зону катода при электроосаждении, включая использование вращающихся устройств для равномерного распределения частиц по поверхности. Особое внимание уделяется процессу предварительного электронатирования поверхностей в суспензиях для повышения количества частиц в покрытиях и улучшения их сцепления с основным материалом. Ожидается, что предложенные методы способствуют улучшению эксплуатационных характеристик и повышению продуктивности процесса осаждения, что открывает новые возможности для применения этих материалов в различных отраслях, включая сельское хозяйство и машиностроение.

Ключевые слова: ультрадисперсные частицы, композиционные покрытия, электроосаждение, дисперсное упрочнение, твердость, износостойкость,

вращающее устройство, электронатирание, сельскохозяйственная техника, металлокерамические покрытия.

В последние годы наблюдается устойчивый рост интереса к созданию покрытий, содержащих ультрадисперсные частицы, размер которых составляет всего несколько десятков или сотен ангстрем. Эти ультрадисперсные системы находят широкое применение при разработке сверхтвердых композиционных материалов, а также для дисперсного упрочнения металлов и сплавов. Кроме того, они активно используются в производстве металлокерамических режущих инструментов и в процессе восстановления и упрочнения деталей сельскохозяйственной техники [1-4]. Такие частицы, внедренные в качестве второй фазы в композиционные покрытия, значительно повышают их физико-механические свойства. При этом структура покрытий измельчается, а размер блоков уменьшается до 100 нм и менее, что выгодно отличает их от аналогичных чистых покрытий.

На основе последних исследований и разработок было установлено, что использование ультрадисперсных частиц позволяет не только повысить твердость покрытия, но и улучшить его износостойкость и коррозионную стойкость [5-7]. В частности, результаты экспериментов показали, что добавление таких частиц в покрытия на основе никеля, меди и алюминия может значительно улучшить их эксплуатационные характеристики, что особенно важно в условиях экстремальных температур и механических нагрузок.

С учетом этих достижений возникает важный вопрос о том, как эффективно доставлять ультрадисперсные частицы в зону катода при процессе электроосаждения. Одним из перспективных решений этой задачи является использование вращающегося устройства, на котором закреплена деталь. При вращении устройства по часовой стрелке происходит эффект взмучивания, в результате чего мелкодисперсные частицы электролита, осевшие на дно ванны, поднимаются и начинают взаимодействовать с поверхностью детали во время осаждения. Такой метод позволяет равномерно распределять частицы по всей поверхности и обеспечивать их более высокое включение в покрытие.

Наличие дисперсной фазы в электролитах обуславливает выбор способов транспортировки частиц к катоду и конструктивное оформление электролизера в связи с конфигурацией деталей и программой выпуска изделий. Подвод частиц к поверхности детали часто лимитирует весь процесс образования КЭП, поэтому необходимо направленное перемещение к катоду частиц и жидкости [8-10].

На рисунке 1 показан один из таких методов доставки частиц в зону катода — вращение изделия. Для получения более высококачественного покрытия с большим количеством включений в предложенной системе целесообразно использовать предварительное электронатирание поверхностей в суспензиях. Этот способ является эффективным, позволяя получать покрытия с высоким содержанием частиц в их структуре и обеспечивает продуктивность процесса.

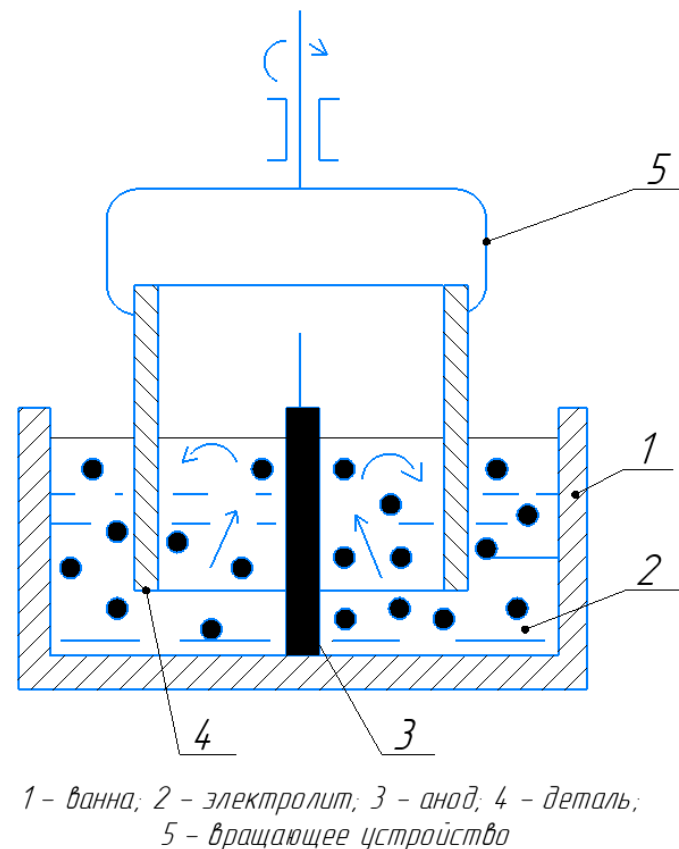


Рисунок 1 – Перспективный способ доставки электролита в зону катода

Таким образом, использование ультрадисперсных частиц в качестве второй фазы в композиционных покрытиях представляет собой перспективное направление в области материаловедения. Включение таких частиц в структуру покрытий позволяет значительно улучшить их физико-механические свойства, такие как твердость, износостойкость и коррозионная стойкость, что открывает новые возможности для применения этих материалов в различных отраслях, включая производство металлокерамических инструментов и усиление деталей сельскохозяйственной техники [11-13].

Предложенные методы доставки частиц в зону катода при процессе электроосаждения, включая использование вращающихся устройств, способствуют более равномерному распределению частиц по поверхности и повышению их содержания в покрытиях. Это, в свою очередь, улучшает эксплуатационные характеристики материалов и повышает продуктивность процесса.

Необходимость дальнейших исследований и разработки новых технологий для более эффективного включения ультрадисперсных частиц в покрытия становится очевидной. Это позволит не только расширить области применения таких материалов, но и создать более надежные и долговечные покрытия для различных промышленных и сельскохозяйственных нужд.

Список литературы

1. Кончин, В. А. Эффективность ресурсосбережения на предприятиях Курской области / В. А. Кончин // Качество продукции в АПК: контроль, управление, повышение, планирование : Сборник научных статей Международной научно-технической конференции, Курск, 05 апреля 2024 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2024. – С. 114-117.
2. Кончин, В. А. Политика экономии ресурсов на предприятиях Курской области / В. А. Кончин // Информационные системы и технологии АПК и ПГС : Сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции, Курск, 10 октября 2024 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2024. – С. 333-336.
3. Кончин, В. А. Композиционные материалы в агропромышленности / В. А. Кончин // Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении : сборник научных статей 2-й Всероссийской научно-технической конференции, Воронеж, 11–12 апреля 2024 года. – Воронеж: ЗАО «Университетская книга», 2024. – С. 188-191.
4. Кончин, В. А. Способы получения композиционных покрытий / В. А. Кончин, О. С. Серникова // Роль аграрной науки в устойчивом развитии АПК : материалы II Международной научно-практической конференции, Курск, 26 мая 2022 года. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, 2022. – С. 457-462.
5. Кончин, В. А. Исследование износостойкости восстановленных и упрочненных стрелчатых лап культиватора / В. А. Кончин // Современные материалы, техника и технологии. – 2024. – № 1(52). – С. 50-55.
6. Кончин, В. А. Определение насыпной плотности электроэрозионного титановольфрамового порошка, полученного в керосине осветлительном / В. А. Кончин // Электроэнергетика сегодня и завтра : сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции, Курск, 24 марта 2023 года / Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. Том 1. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2023. – С. 242-245.
7. Кончин, В. А. Анализ материалов, применяемых при плазменно-порошковой наплавке / В. А. Кончин // Современные материалы, техника и технологии. – 2023. – № 5(50). – С. 79-84.
8. Кончин, В. А. К вопросу контроля качества плазменных покрытий восстановленных стрелчатых лап культиватора, методом плазменно-порошковой наплавки электроэрозионных порошков из твердого сплава Т30К4 / В. А. Кончин // Современные технологии, материалы и техника : сборник научных статей Всероссийской научно-технической конференции, Воронеж, 20 декабря 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2023. – С. 278-281.
9. Серебровский, В. И. Активирование поверхности детали для повышения прочности сцепления с электроосажденными покрытиями / В. И. Серебровский, Е. С. Калущкий, В. А. Кончин // Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса : Сборник научных статей 2-й Всероссийской научно-технической конференции, Курск, 05 июня 2024 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2024. – С. 127-131.
10. Агеев, Е. В. Ремонт машин в АПК / Е. В. Агеев, В. И. Серебровский, В. А. Кончин. – Курск : Планета+, ЗАО "Университетская книга", 2025. – 192 с.
11. Кончин, В. А. Возможные способы получения композиционных покрытий / В. А. Кончин // Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении : сборник научных статей 2-й Всероссийской научно-технической конференции, Воронеж, 11–12 апреля 2024 года. – Воронеж: ЗАО «Университетская книга», 2024. – С. 192-197. –

12. Кончин, В. А. Исследование коэффициента элонгации частиц титановольфрамовых порошков, полученных в условиях электроэрозионной металлургии отходов сплава Т30К4 в дизельном топливе / В. А. Кончин // Качество в производственных и социально-экономических системах АПК : сборник научных статей Международной научно-технической конференции, Курск, 28 ноября 2023 года. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2023. – С. 133-138.

13. Кончин, В. А. Меры государственной поддержки АПК Курской области в отрасли растениеводства в 2024 году / В. А. Кончин // Информационные системы и технологии АПК и ПГС : Сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции, Курск, 10 октября 2024 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2024. – С. 75-78.

Savenkov Daniil Vadimovich, PhD student (e-mail: eweletov19@gmail.com) **Vladimir Alekseevich Konchin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor (e-mail: konchin98@mail.ru)

Kursk State Agrarian University, Kursk

PROMISING METHODS OF PARTICLE DELIVERY TO THE CATHODE ZONE DURING

The article discusses the use of ultrafine particles as the second phase in composite coatings, which significantly improves their physical and mechanical characteristics such as hardness, wear resistance and corrosion resistance. Modern methods of delivering ultrafine particles to the cathode zone during electrodeposition are described, including the use of rotating devices for uniform particle distribution over the surface. Special attention is paid to the process of pre-rubbing surfaces in suspensions to increase the number of particles in coatings and improve their adhesion to the base material. It is expected that the proposed methods will help to improve the operational characteristics and increase the productivity of the deposition process, which opens up new opportunities for the use of these materials in various industries, including agriculture and mechanical engineering. Keywords: ultrafine particles, composite coatings, electrodeposition, dispersed hardening, hardness, wear resistance, rotating device, electronic abrasion, agricultural machinery, metal-ceramic coatings.

ОСОБЕННОСТИ ТРЕНИЯ И ИЗНАШИВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ (КЭП)

Савенков Даниил Вадимович, аспирант
(e-mail: eweletov19@gmail.com)

Кончин Владимир Алексеевич, к.т.н., доцент
(e-mail: konchin98@mail.ru)
Курский ГАУ, г. Курск

В данной статье выполнен комплексный анализ процессов трения и изнашивания композиционных электроосаждённых покрытий, с особым вниманием к влиянию металлической матрицы и включённых дисперсных частиц на коэффициент трения.

Ключевые слова: электроосаждение, композиционные покрытия, коэффициент трения, матрица, дисперсные частицы.

Повышение надежности машин без существенного увеличения их массы и затрат остаётся крайне сложной и актуальной задачей. Среди множества подходов в области упрочнения и восстановления на первый план выходят техноло-

гические методы повышения долговечности машин, где значительную роль играют упрочняющие обработки [1-3]. В промышленности нередко используют упрочнение поверхностей деталей через пластическую деформацию, термомеханическую и химико-термическую обработку, а также методы диффузионного и гальванического нанесения покрытий. Однако, в силу разнообразия новых композиционных материалов, традиционные способы не всегда оказываются эффективными, особенно когда детали подвергаются специфическим воздействиям окружающей среды. В подобных случаях для улучшения надёжности трения компонентов применяют полимерные, самосмазывающиеся композиционные материалы или твердые смазочные покрытия.

В последние годы активно развивается метод электроосаждения композиционных электрохимических покрытий (КЭП) [4-6]. Суть этой технологии заключается в том, что вместе с основным металлическим слоем из гальванической ванны осаждаются разнообразные неметаллические частицы: карбиды, бориды, оксиды, сульфиды, порошки полимеров и т.д. Введение этих дисперсных материалов радикально изменяет свойства покрытий, причем зачастую их износостойкость возрастает в десятки раз.

Выбор матрицы для формирования КЭП — важный момент. Металлы с гексагональной кристаллической структурой обычно демонстрируют более низкий коэффициент трения и износ по сравнению с теми, что имеют объемно- или гранцентрированные кубические решетки. Низкий коэффициент трения у таких металлов объясняется ограниченным числом плоскостей скольжения, пониженной пластичностью и заметной хрупкостью [7]. Это особенно критично для покрытий, работающих в вакууме, где адгезионная составляющая силы трения может достигать 80%. Выбор пары трения без какого-либо схватывания — почти утопия, поэтому роль адсорбированных оксидных и иных пленок становится решающей, а применение смазочной пленки — необходимостью.

Гальваническое покрытие способно эффективно снижать трение при отсутствии смазки лишь в том случае, если наносится на жесткую подложку [8]. Покрытия из меди, цинка, олова или серебра действительно способствуют снижению коэффициента трения, но их применение на мягких основах оказывается неприемлемым для узлов трения. При этом твердые частицы не только упрочняют матрицу, но и могут снижать коэффициент трения, если на их поверхности адсорбируется тонкий слой жидкости или газа. Если же частицы прочно связаны с матрицей или, наоборот, легко отделяются от неё, это может привести к абразивному износу сопрягаемых поверхностей.

Экспериментальные данные по поликомпозиционным покрытиям без смазочного материала показали, что даже минимальное количество самосмазывающего компонента (около 0,5–1,5%) способно значительно уменьшить коэффициент трения, поскольку твердые частицы и поверхность детали отделены мягкой смазочной пленкой [9,10]. При высоких нагрузках, порядка 200 Н/см², пластическая деформация предвещает появление микротрещин, которые вследствие низкой адгезионной прочности матрицы, как правило, распространяются вдоль границы раздела фаз. Для стабильной работы узла трения механические

свойства матрицы КЭП должны соответствовать внешним условиям эксплуатации.

Не менее важно правильно подобрать дисперсную фазу при формировании КЭП. Как уже отмечалось, высокая твердость и малый размер частиц критически влияют на механические свойства покрытия. Коэффициент трения твердых частиц в вакууме находится в пределах 0,6–1,0, а на воздухе может снижаться до 0,1 благодаря адсорбции газов и водяных паров. Из-за сравнительно низкой поверхностной энергии твердых частиц, их адсорбционные пленки быстро разрушаются при увеличении скорости или температуры, что делает коэффициент трения в вакууме, хоть и выше, но более стабильным.

Кристаллическая структура частиц существенно влияет как на механические, так и антифрикционные свойства КЭП. Исследования физико-механических характеристик и износостойкости покрытий на основе никеля, железа и хрома с частицами гексагональной и кубической структур продемонстрировали неоднозначное влияние природы частиц на твердость и износостойкость в условиях работы без смазки. Например, бориды оказываются наиболее эффективными для повышения твердости, а карбиды менее заметно влияют на этот параметр. Частицы с кубической структурой способствуют более равномерному распределению локальных напряжений и улучшению упругих свойств матрицы, что ведет к снижению пластичности. В случае железа с карбидами, оксидами или боридами влияние кристаллического строения менее заметно, а при получении хромовых покрытий практически не прослеживается влияние структуры частиц, что, возможно, связано с высоким уровнем наводороживания.

Наконец, большое количество дисперсных материалов со слоистой структурой способно обеспечить низкий коэффициент трения и используется для создания самосмазывающихся и поликомпозиционных покрытий. Введение таких частиц обычно повышает пластичность матрицы и способствует деформированному упрочнению покрытия. Покрытия с твердыми смазочными материалами подходят для эксплуатации в вакууме, тогда как их применение на воздухе ограничено температурными режимами и окисляемостью частиц, что может резко увеличить трение. Однако при умеренных нагрузках и скоростях до 4 м/с твердые смазочные материалы значительно снижают как трение, так и износ КЭП.

Подводя итог, можно с уверенностью сказать, что выбор дисперсных частиц для создания КЭП требует учета их свойств, природы и кристаллической структуры, а также характеристик матрицы и условий трения. Такой комплексный подход помогает обеспечить надежную и долговечную работу узлов трения, несмотря на все сложности и ограничения традиционных методов [11].

Список литературы

1. Повышение эффективности процесса восстановления и упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин плазменно-порошковой наплавкой твердосплавных электроэрозионных материалов / Е. А. Агеева, В. И. Серебровский, Е. В. Агеев, В. А. Кончин // Технический сервис машин. – 2023. – № 2(151). – С. 84-94.

2. Оценка износостойкости плазменных покрытий лап культиваторов / Е. В. Агеева, В. В. Серебровский, В. А. Семыкин, В. А. Кончин // Технический сервис машин. – 2023. – Т. 61, № 4(153). – С. 83-89.

3. Кончин, В. А. К вопросу контроля качества плазменных покрытий восстановленных стрелчатых лап культиватора, методом плазменно-порошковой наплавки электроэрозийных порошков из твердого сплава Т30К4 / В. А. Кончин // Современные технологии, материалы и техника : сборник научных статей Всероссийской научно-технической конференции, Воронеж, 20 декабря 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2023. – С. 278-281.

4. Серебровский, В. И. Исследование износостойкости композиционных покрытий, с использованием электроосаждения из электролитных суспензий / В. И. Серебровский, О. С. Серникова, В. А. Кончин // 21 век: фундаментальная наука и технологии : Материалы XXXVI международной научно-практической конференции, Bengaluru, 19 ноября 2024 года. – Bengaluru, Karnataka, India: Pothi.com, 2024. – С. 126-131.

5. Кончин, В. А. Композиционные материалы в агропромышленности / В. А. Кончин // Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении : сборник научных статей 2-й Всероссийской научно-технической конференции, Воронеж, 11–12 апреля 2024 года. – Воронеж: ЗАО «Университетская книга», 2024. – С. 188-191.

6. Кончин, В. А. Возможные способы получения композиционных покрытий / В. А. Кончин // Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении : сборник научных статей 2-й Всероссийской научно-технической конференции, Воронеж, 11–12 апреля 2024 года. – Воронеж: ЗАО «Университетская книга», 2024. – С. 192-197.

7. Серебровский, В. И. Оптимизация процесса гальванического осаждения композиционных покрытий из электролитных суспензий / В. И. Серебровский, О. С. Серникова, В. А. Кончин // 21 век: фундаментальная наука и технологии : Материалы XXXVI международной научно-практической конференции, Bengaluru, 19 ноября 2024 года. – Bengaluru, Karnataka, India: Pothi.com, 2024. – С. 132-138.

8. Серебровский, В. И. Активирование поверхности детали для повышения прочности сцепления с электроосажденными покрытиями / В. И. Серебровский, Е. С. Калущий, В. А. Кончин // Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса : Сборник научных статей 2-й Всероссийской научно-технической конференции, Курск, 05 июня 2024 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2024. – С. 127-131.

9. Кончин, В. А. К вопросу о возникновении внутренних напряжений в композиционных электролитических покрытиях / В. А. Кончин, О. С. Серникова // Роль аграрной науки в устойчивом развитии АПК : материалы II Международной научно-практической конференции, Курск, 26 мая 2022 года. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, 2022. – С. 448-452.

10. Серникова, О. С. Использование переменного тока при электроосаждении железа / О. С. Серникова, В. А. Кончин // Современные проблемы и направления развития металлургии и термической обработки металлов и сплавов : Сборник научных статей 3-й Международной научно-практической конференции, посвященной памяти академика А.А. Байкова, Курск, 15 сентября 2022 года / Отв. редактор Е.В. Агеев. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 150-153.

11. Кончин, В. А. Политика экономии ресурсов на предприятиях Курской области / В. А. Кончин // Информационные системы и технологии АПК и ПГС : Сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции, Курск, 10 октября 2024 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2024. – С. 333-336.

12. Результаты исследования износостойкости плазменного покрытия из твердосплавного порошкового материала/ Кончин В.А.// Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 2 (47). С. 30-32.

13. Влияние подготовки поверхности на прочность сцепления электроосажденных покрытий/ Серебровский В.И., Серникова О.С., Кончин В.А.// Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 1 (46). С. 79-85.

14. Результаты исследования износостойкости плазменного покрытия из твердосплавного порошкового материала/ Кончин В.А.// Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 2 (47). С. 30-32.

15. Оптимизация состава наплавляемых порошковых композиций с целью улучшения качества плазменных покрытий стрелчатых лап культиватора/ Кончин В.А.// Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 4 (49). С. 69-78.

16. Упрочнение деталей машин композиционными электроосажденными покрытиями с применением электроэрозийных диспергированных твердых сплавов/ Серебровский В.И., Агеев Е.В., Серникова О.С., Кончин В.А., Колмыков В.И.// Курск, 2022.

17. Оптимизация состава наплавляемых порошковых композиций с целью улучшения качества плазменных покрытий стрелчатых лап культиватора/ Кончин В.А.// Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 4 (49). С. 69-78.

18. Влияние подготовки поверхности на прочность сцепления электроосажденных покрытий/ Серебровский В.И., Серникова О.С., Кончин В.А.// Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 1 (46). С. 79-85.

19. Определение гранулометрического размера электроэрозийного порошка титанокарбидовой группы, полученного в воде дистиллированной/ Кончин В.А., Серникова О.С., Кучерявенко Е.С.// В сборнике: Современные материалы, техника и технология. сборник научных статей 12-й Международной научно-практической конференции. Курск, 2022. С. 193-196.

Savenkov Daniil Vadimovich, PhD student (e-mail: eweletov19@gmail.com)

Vladimir Alekseevich Konchin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor (e-mail: konchin98@mail.ru)

Kursk State Agrarian University, Kursk

FEATURES OF FRICTION AND WEAR OF COMPOSITE ELECTROLYTIC COATINGS (CEP)

This article provides a comprehensive analysis of the friction and wear processes of composite electrodeposited coatings, with special attention to the effect of the metal matrix and the included dispersed particles on the coefficient of friction.

Keywords: electrodeposition, composite coatings, coefficient of friction, matrix, dispersed particles.

К ВОПРОСУ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЭЛЕКТРООСАЖДЕННЫХ ПОКРЫТИЙ (КЭП)

Савенков Даниил Вадимович, аспирант

(e-mail: eweletov19@gmail.com)

Кончин Владимир Алексеевич, к.т.н., доцент

(e-mail: konchin98@mail.ru)

Курский ГАУ, г. Курск

В рамках данного исследования проведён детальный анализ особенностей приготовления электролит-суспензий, предназначенных для электроосаждения композиционных износостойких покрытий на детали машин, подвергшиеся значительному износу. В работе всесторонне рассмотрены не только методики получения дисперсных частиц в различных средах, но и вопросы контроля состава электролита.

Ключевые слова: электроосаждение, композиционные покрытия, диспергирование, дисперсные частицы, электролит-суспензия.

Внедрение технологических процессов упрочнения и восстановления деталей посредством композиционных покрытий тесно связано с подготовкой производства на всех этапах реализации технологических операций. Можно утверждать, что нормативная база для проектирования гальванических участков, разработки технологических процессов подготовки поверхности деталей к нанесению покрытий, а также выбор соответствующего оборудования, приспособлений, автоматизированных систем контроля и управления, является вполне применимой и для процессов осаждения композиционных электропокрытий (КЭП). Некоторые сведения об источниках питания, оснастке, оборудовании как основного, так и вспомогательного характера изложены в работах [1,2,3]. Однако следует отметить, что специфические технологические особенности электроосаждения КЭП продиктованы единственным существенным фактором – наличием дисперсной фазы в электролите. Именно поэтому вопросы, связанные с приготовлением электролит-суспензии, выбором оптимальной схемы транспортировки дисперсной фазы к поверхности деталей, самим процессом осаждения, оптимизацией технологических режимов и подбором перечня упрочняемых или восстанавливаемых деталей требуют дополнительного комплексного обсуждения.

Для получения качественной электролит-суспензии в качестве жидкой фазы применяются разнообразные электролиты, используемые в гальванотехнике для процессов меднения, никелирования, железнения, хромирования и других. Выбор конкретного электролита определяется необходимостью придания матрице КЭП определённых свойств, таких как повышенная износостойкость или улучшенная электропроводность. При этом технологии приготовления и анализа электролитов для осаждения металлов и сплавов достаточно хорошо отработаны и могут служить базой для разработки технологии электроосаждения КЭП [4,5]. Тем не менее, нельзя исключать случаи, когда осаждение металла в ком-

бинации с порошковой фазой требует разработки новых электролитических систем, что ставит перед исследователями и производством дополнительные вызовы.

В качестве дисперсной добавки к электролитам применяются различные порошковые материалы, включая оксиды, карбиды, бориды, нитриды, а также алмазы. Для создания самосмазывающихся покрытий широко используют порошки твердых смазочных материалов. Интерес представляет применение сульфидов, селенидов и теллуридов, обладающих слоистой структурой, благодаря чему их частицы при трении склонны к расслоению, подобно графиту. Эти материалы характеризуются высокой адгезией к металлическим поверхностям, устойчивостью к гидролизу, а также низкой реакционной способностью в кислых и щелочных средах. Дополнительно синтетически полученные халькогениды, не содержащие абразивных примесей, могут успешно использоваться в качестве антизадирных присадок для масел, особенно в узлах трения, эксплуатируемых в различных средах – от атмосферных до вакуумных.

Интересно, что если степень дисперсности порошка соответствует установленным требованиям, то задачи по приготовлению электролит-суспензий значительно упрощаются. В этом случае порошок вводят в электролит небольшими дозами с обязательным тщательным перемешиванием. Для улучшения смачиваемости порошковых частиц часто добавляют поверхностно-активные вещества. Более того, увеличение количества включений частиц в покрытие и придание им определённого знака заряда требуют введения специальных добавок, регулирующих электрокинетические свойства дисперсной фазы, выбор которых осуществляется на основе экспериментальных данных.

Теоретические исследования подтверждают, что для существенного повышения физико-механических характеристик КЭП, в частности их износостойкости, необходимы порошки с размерами частиц в диапазоне 0,1...0,2 мкм. Однако получение таких порошков в лабораторных условиях зачастую сопряжено с серьёзными трудностями, что выдвигает перед производством дисперсных материалов новые задачи. Выбор оптимальной технологии диспергирования, а также подбор подходящих измельчителей играют здесь решающую роль. Так, метод электроэрозионного диспергирования представляется одним из перспективных направлений для получения порошков с высокой степенью измельчения и узким фракционным составом [6-9].

При измельчении порошков вопросы агрегативной устойчивости электролит-суспензий приобретают особое значение. Известно, что дисперсные частицы склонны к слипанию под воздействием ван-дер-ваальсовых сил, что может быть уменьшено за счёт формирования адсорбционных плёнок на поверхности частиц. Поэтому рекомендуется проводить измельчение либо непосредственно в выбранном электролите, либо в водной, спиртовой или углеродсодержащей среде [10,11]. При этом необходимо учитывать риск загрязнения суспензии продуктами износа механических элементов измельчительного оборудования, что не всегда удаётся устранить даже посредством магнитной сепарации. Если процесс диспергирования осуществляется в жидкостях, подлежащих после-

дующему выпариванию, целесообразно использовать кислоту или их смеси, способные растворять нежелательные примеси. В случае проведения измельчения непосредственно в электролите корректировка pH и предварительная обработка суспензии под током становятся обязательными мерами для обеспечения чистоты конечного продукта. Применение частиц ультратонкого измельчения при осаждении металла существенно облегчает процедуру очистки электролита от шлама и других загрязнений, что позволяет использовать фильтры из бумаги, ткани, керамики и других материалов, способные задерживать нерастворимые примеси с размерами свыше 0,1 мкм. Аноды, по мнению исследователей, рекомендуется помещать в мешки из хлопчатобумажных тканей или аналогичных материалов для дополнительной защиты.

Особенности образования и эксплуатации электролит-суспензий обусловлены их уникальными характеристиками по сравнению с менее активными суспензиями. Химическая стойкость дисперсных частиц в электролите оказывается зависимой от их размеров, что связано с диффузионными процессами, особенно интенсивными на частицах, подвергшихся остаточной деформации в результате измельчения. Отсюда вытекает необходимость строгого контроля размеров, концентрационных соотношений частиц в ванне и регулярного анализа электролита на содержание растворимых примесей. Эти меры особенно важны для получения КЭП с заданными и стабильно контролируемыми свойствами.

В целом, можно сделать вывод, что технология электроосаждения композиционных покрытий требует комплексного подхода, включающего не только взаимодействие традиционных методов гальванотехнической подготовки, но и внедрение новых экспериментальных разработок. В этом контексте важным остаётся постоянный контроль и оптимизация каждого этапа технологического процесса, что позволит обеспечить высокое качество и долговечность конечных покрытий. И, если говорить откровенно, то подобный междисциплинарный подход, хотя и сопряжён с немалыми трудностями, обещает стать одним из ключевых направлений развития современных материаловедческих технологий.

Список литературы

1. Сафронов, Р. И. Влияние структуры электроосажденного железа на прочность покрытия / Р. И. Сафронов, О. С. Серникова, В. А. Кончин // Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса : Сборник научных статей 2-й Всероссийской научно-технической конференции, Курск, 05 июня 2024 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2024. – С. 116-120.
2. Серебровский, В. И. Активирование поверхности детали для повышения прочности сцепления с электроосажденными покрытиями / В. И. Серебровский, Е. С. Калущий, В. А. Кончин // Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса : Сборник научных статей 2-й Всероссийской научно-технической конференции, Курск, 05 июня 2024 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2024. – С. 127-131.
3. Кончин, В. А. Способы получения композиционных покрытий / В. А. Кончин, О. С. Серникова // Роль аграрной науки в устойчивом развитии АПК : материалы II Международной научно-практической конференции, Курск, 26 мая 2022 года. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, 2022. – С. 457-462.

4. Серникова, О. С. Использование переменного тока при электроосаждении железа / О. С. Серникова, В. А. Кончин // Современные проблемы и направления развития металловедения и термической обработки металлов и сплавов : Сборник научных статей 3-й Международной научно-практической конференции, посвященной памяти академика А.А. Байкова, Курск, 15 сентября 2022 года / Отв. редактор Е.В. Агеев. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 150-153.
5. Серникова, О. С. Исследование микротвердости электроосажденного железо-вольфрамового сплава / О. С. Серникова, В. А. Кончин // Современные проблемы и направления развития металловедения и термической обработки металлов и сплавов : Сборник научных статей 3-й Международной научно-практической конференции, посвященной памяти академика А.А. Байкова, Курск, 15 сентября 2022 года / Отв. редактор Е.В. Агеев. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 147-149.
6. износостойкие порошковые материалы для плазменно-порошковой наплавки / Е. В. Агеева, В. И. Серебровский, Е. В. Агеев, В. А. Кончин // Технический сервис машин. – 2023. – № 2(151). – С. 147-156.
7. Кончин, В. А. Определение насыпной плотности электроэрозионного титановольфрамового порошка, полученного в керосине осветлительном / В. А. Кончин // Электроэнергетика сегодня и завтра : сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции, Курск, 24 марта 2023 года / Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. Том 1. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2023. – С. 242-245.
8. Кончин, В. А. К вопросу о промышленных наплавочных материалах, успешно применяемых при реновации деталей сельскохозяйственной техники / В. А. Кончин, Е. В. Агеев // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2023) : сборник научных статей 15-й Международной научно-технической конференции, Курск, 17 ноября 2023 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2023. – С. 104-108.
9. Кончин, В. А. Получение электроэрозионных порошков в воде дистиллированной на основе вольфрамтитановых сплавов / В. А. Кончин // Электроэнергетика сегодня и завтра : сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции, Курск, 24 марта 2023 года / Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. Том 1. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2023. – С. 237-241.
10. Патент № 2818197 С1 Российская Федерация, МПК C25D 15/00. способ электролитического осаждения композиционного покрытия железо - титан - дисульфид молибдена : № 2024104062 : заявл. 19.02.2024 : опубл. 25.04.2024 / О. С. Серникова, Р. И. Сафронов, Н. А. Пономаренко [и др.].
11. Патент № 2824153 С1 Российская Федерация, МПК B22F 9/14, B23H 1/00. Способ получения твердосплавного порошка из отходов сплава Т30К4 в дизельном топливе : № 2024105634 : заявл. 05.03.2024 : опубл. 06.08.2024 / В. А. Кончин, Е. В. Агеев ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова".
12. Результаты исследования износостойкости плазменного покрытия из твердосплавного порошкового материала/ Кончин В.А.// Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 2 (47). С. 30-32.
13. Влияние подготовки поверхности на прочность сцепления электроосажденных покрытий/ Серебровский В.И., Серникова О.С., Кончин В.А.// Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 1 (46). С. 79-85.
14. Результаты исследования износостойкости плазменного покрытия из твердосплавного порошкового материала/ Кончин В.А.// Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 2 (47). С. 30-32.

15. Оптимизация состава наплавляемых порошковых композиций с целью улучшения качества плазменных покрытий стрелчатых лап культиватора/ Кончин В.А.// Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 4 (49). С. 69-78.

16. Упрочнение деталей машин композиционными электроосажденными покрытиями с применением электроэрозионных диспергированных твердых сплавов/ Серебровский В.И., Агеев Е.В., Серникова О.С., Кончин В.А., Колмыков В.И.// Курск, 2022.

17. Оптимизация состава наплавляемых порошковых композиций с целью улучшения качества плазменных покрытий стрелчатых лап культиватора/ Кончин В.А.// Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 4 (49). С. 69-78.

18. Влияние подготовки поверхности на прочность сцепления электроосажденных покрытий/ Серебровский В.И., Серникова О.С., Кончин В.А.// Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 1 (46). С. 79-85.

19. Определение гранулометрического размера электроэрозионного порошка титано-карбидовой группы, полученного в воде дистиллированной/ Кончин В.А., Серникова О.С., Кучерявенко Е.С.// В сборнике: Современные материалы, техника и технология. сборник научных статей 12-й Международной научно-практической конференции. Курск, 2022. С. 193-196.

Savenkov Daniil Vadimovich, PhD student (e-mail: eweletov19@gmail.com)

Vladimir Alekseevich Konchin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor (e-mail: konchin98@mail.ru)

Kursk State Agrarian University, Kursk

ON THE ISSUE OF ELECTRODEPOSITION TECHNOLOGY OF COMPOSITE ELECTRODEPOSITED COATINGS (CEP)

Within the framework of this study, a detailed analysis of the features of the preparation of electrolytes-suspensions intended for the electrodeposition of composite wear-resistant coatings on machine parts that have undergone significant wear was carried out. The work comprehensively examines not only the methods of obtaining dispersed particles in various media, but also the issues of controlling the composition of the electrolyte.

Keywords: electrodeposition, composite coatings, dispersion, dispersed particles, electrolyte suspension.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

*Сафронов Руслан Игоревич, к.т.н., доцент
(e-mail: russafronov@yandex.ru)*

*Хитрич Александр Александрович, студент
(e-mail: HitrichAlex46@yandex.ru)*

*Рыженко Дмитрий Александрович, студент
(e-mail: Lobster3765@gmail.com)*

Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова

Рассмотрено устройство и принцип работы дизель-роторного источника бесперебойного питания. Рассмотрен вариант применения данного типа установок в качестве устройства, повышающего качество и надежность электроснабжения сельскохозяйственных объектов.

Ключевые слова: дизель-роторный источник бесперебойного питания, источник бесперебойного питания, резервирование, коэффициент мощности, кинетический накопитель.

Введение. Современное сельское хозяйство является высокотехнологической отраслью, в которой используется дорогостоящее технологическое оборудование и высокопродуктивные породы животных. Многие технологические процессы являются непрерывными и в случае перерывов электроснабжения предприятия терпят огромные убытки.

Поэтому современные животноводческие комплексы и перерабатывающие предприятия проектируются по первой категории надежности электроснабжения с резервным источником питания.

В качестве источника резервного питания обычно используют дизель-генераторные установки или источники бесперебойного питания.

Энергетической стратегией РФ предусматривается внедрение дополнительных источников энергии, повышающих надежность энергетических систем.

Поэтому задачи по реализации резервирования электроснабжения, а также применение технических средств повышения надежности электроснабжения становятся особенно актуальными.

Цель. Рассмотреть возможность применения дизель-роторных источников бесперебойного питания для повышения надежности электроснабжения производственных объектов АПК.

Материалы и методика исследований. Проведен анализ и синтез конструкции и принципа работы дизель-роторных источников бесперебойного питания.

Результаты исследования. Использование традиционных источников бесперебойного питания с резервированием электроснабжения дизель-генераторными установками (ДГУ) не всегда является оптимальным вариантом. Такие системы резервного электроснабжения, требуют поддержки определен-

ных климатических параметров в помещениях с аккумуляторными батареями, и их периодического обслуживания и замены по истечении срока эксплуатации.

Оптимальным решением этой задачи является применение дизель-роторных источников бесперебойного питания (ДРИБП) с кинетическими аккумуляторами (рис. 1).



Рисунок 1 – внешний вид ДРИБП

Электрическая энергия, передаваемая сельскими электрическими сетями, не всегда соответствует нормативным показателям качества, проходя через дроссель, питает синхронный генератор, работающий в двигательном режиме, от которого запитываются ответственные потребители. Вал генератора переменного тока вращается с частотой 1500 мин^{-1} . В нормальном режиме работы синхронный генератор выполняет функцию как стабилизатора, так и фильтра напряжения: устраняет гармонические искажения и короткие перебои электроснабжения (до 50 мс), импульсы помех, сглаживает скачки и провалы напряжения питающей сети. Благодаря этому частота и амплитуда выходного напряжения, подаваемого к потребителю, неизменно стабильны.

Совместно с синхронной машиной вращается аккумулятор кинетической энергии, состоящий из двух роторов: внутреннего и внешнего. Внутренний ротор вращается с той же частотой, что и синхронный генератор – 1500 мин^{-1} , внешний – около 4500 мин^{-1} (относительно внутреннего – те же 1500 мин^{-1}). При этом обмотка постоянного тока внутреннего ротора и короткозамкнутая обмотка внешнего ротора вступают в электромагнитное взаимодействие.

Аккумулятор кинетической энергии в номинальном режиме работы системы накапливает энергию. При кратковременном (в течение 5 с) отключении внешнего электроснабжения или выхода его параметров за допустимые пределы синхронный генератор продолжает вращаться и вырабатывать напряжение за счет передачи ему механической энергии от кинематического аккумулятора. Магнитное поле внутреннего ротора кинетического модуля снижает частоту вращения внешнего ротора и при помощи электронного блока управления автоматически поддерживает частоту синхронного генератора на уровне 1500 мин^{-1} .

Если отключение напряжения происходит на более длительный период, или его номинальное значение изменяется больше, чем на 10%, то автоматически запускается дизельный двигатель. Входной выключатель при этом размыкается, и синхронная электрическая машина из двигательного режима переходит в генераторный. Блок управления в этот момент модулирует индуктивную связь между валом генератора и ротором кинетического аккумулятора, который поддерживает время автономной работы генератора до запуска дизеля.

Во время этой паузы (около 5 с.) срабатывает электромагнитное сцепление, обеспечивающее соединение дизельного двигателя и генератора (продолжительность переключения составляет не более 1 сек). Дизельный двигатель выдает оптимальные для системы обороты (1500 мин^{-1}) и передает крутящий момент синхронному генератору. Кинетический аккумулятор начинает накапливать энергию, возвращаясь к 4500 мин^{-1} . Когда подача напряжения от сети восстанавливается, синхронный генератор переходит обратно в двигательный режим.

При нормальном режиме работы ДРИБП (99,9% рабочего времени), система выполняет следующие функции:

1. Устранение перебоев электроснабжения длительностью до 50 мс, при 100% нагрузке, без запуска дизеля.
2. При отклонении напряжения система управления стабилизирует напряжение, воздействуя на ток возбуждения синхронного генератора.
3. Улучшение коэффициента мощности. Потребление нагрузкой всей реактивной мощности при перевозбуждении синхронного генератора.
4. Фильтрация переходных процессов. При возникновении гармонических колебаний система «индуктивность - синхронный генератор» делит схему и нагрузку.

Обеспечивая данные функции по повышению качества электроснабжения, система работает с высоким КПД (0,93...0,99): фактически, потребляемая нагрузкой активная мощность не проходит через синхронный генератор, который работает как автономный электродвигатель. Электрическая машина получает энергию от сети, поддерживая вращение роторного накопителя.

Вывод. Рассмотрев конструкцию и принцип работы ДРИБП можно рекомендовать данные устройства в качестве резервных источников электроснабжения сельскохозяйственных предприятий, а также в качестве устройств компенсации реактивной мощности.

Список литературы

1. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Гнездилова Ю.П. Влияние предельных значений изменений напряжения на работу электрооборудования // В сборнике: Современные проблемы и направления развития агроинженерии в России. Сборник научных статей Международной научно-технической конференции. Курск, 2021. С. 12-15.
2. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Гнездилова Ю.П., Калущий Е.С. Анализ влияния предельных нормативных значений медленных изменений напряжения // В книге: Актуальные проблемы энергетики АПК. Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2021. С. 20-23.

3. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Сафронов Р.И. Компьютерное моделирование процессов поддержания симметрии напряжений в электрических сетях // В сборнике: Электроэнергетика сегодня и завтра. Сборник научных статей Международной научно-технической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. Курск, 2022. С. 52-55.

4. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Серебровский В.И., Сафронов Р.И., Гнездилова Ю.П. Использование нечетких нейронных сетей для изучения процессов старения изоляции кабельных линий // В сборнике: Современные ресурсоэффективные технологии и технические средства в АПК. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Ответственный за выпуск С.Н. Петрова. Курск, 2021. С. 208-213.

5. Бирюлин, В.И. Электроснабжение сельскохозяйственных, промышленных и гражданских объектов / В. И. Бирюлин, Д. В. Куделина, В. В. Серебровский [и др.]. – Курск : Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, 2021. – 245 с. – ISBN 978-5-7369-0852-3. – EDN CHQWGY.

6. Бирюлин, В.И. Влияние изменений напряжения электрической сети на работу электротермических установок / В. И. Бирюлин, Д. В. Куделина, В. И. Серебровский, Р. И. Сафронов // Актуальные проблемы энергетики АПК : Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием, Саратов, 29–30 апреля 2021 года. – Саратов: ООО "Амирит", 2021. – С. 24-27. – EDN EWTGRO.

7. Бирюлин В.И., Серебровский В.И., Сафронов Р.И., Гнездилова Ю.П. Влияние светодиодных светильников на электрические сети освещения // В сборнике: Современные ресурсоэффективные технологии и технические средства в АПК. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Ответственный за выпуск С.Н. Петрова. Курск, 2021. С. 126-131.

8. Волошин В.В., Никулин А.Ю., Сафронов Р.И. Применение дизель-роторных источников бесперебойного питания для резервного электроснабжения объектов АПК // В сборнике: Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2020. С. 3-7.

9. Новиков Н.А., Ярыгин С.В., Дроздов А.И., Сафронов Р.И. Влияние несимметрии питающего напряжения на выход из строя асинхронных электродвигателей // В сборнике: Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2020. С. 107-111.

10. Сафронов, Р. И. Анализ электробезопасности в сельских электрических сетях / Р. И. Сафронов, Д. В. Свиначев, М. А. Москвин // Современные проблемы и направления развития агроинженерии в России : сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции, Курск, 28 октября 2022 года. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, 2022. – С. 185-188. – EDN FGFEKI.

11. Сафронов, Р. И. Влияние коммутационных перенапряжений на надежность электрооборудования / Р. И. Сафронов, С. А. Милютин // Электроэнергетика сегодня и завтра : сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции, Курск, 24 марта 2023 года / Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова; Научно-образовательный центр «Инженер». Том 2. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2023. – С. 104-108. – EDN IRABBY.

Safronov Ruslan Igorevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

(e-mail: russafronov@yandex.ru)

Alexander Alexandrovich Khitrich, student

(e-mail: HitrichAlex46@yandex.ru)

Ryzhenko Dmitry Alexandrovich, student

(e-mail: Lobster3765@gmail.com)

Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov, Russia

IMPROVING THE RELIABILITY OF POWER SUPPLY TO AGRICULTURAL FACILITIES

Abstract. The device and principle of operation of a diesel rotary uninterruptible power supply are considered. A variant of using this type of installation as a device that improves the quality and reliability of power supply to agricultural facilities is considered.

Keywords: diesel rotary uninterruptible power supply, uninterruptible power supply, redundancy, power factor, kinetic storage.

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА И ПОВЫШЕНИЕ ЕГО ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Сидоров Андрей Алексеевич, студент

Гаврилин Максим Андреевич, студент

Чурилов Дмитрий Геннадьевич, к.т.н., доцент

(e-mail: svpolishuk@mail.ru)

Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева

В данной статье рассматриваются основные особенности электроэнергетического комплекса и определяются ключевые аспекты, необходимые для повышения его производительности.

Ключевые слова: электроэнергетический комплекс, энергетический комплекс, инфраструктура, электрооборудование, электричество, электроэнергия, диагностирование, техническое обслуживание, производительность, повышение производительности.

Электроэнергетический комплекс является важной частью энергетического комплекса страны. В последние столетия его влияние стало настолько велико, что улучшило инфраструктуру городов на несколько порядков [1, 2]. Это положительным образом отразилось на качестве жизни и поставило высокую планку в научном развитии.

С каждым годом роль электроэнергетики становится всё более значимой и увеличивает интерес со стороны учёных. Большинство последних открытий в различных отраслях знания осуществились именно благодаря высокому уровню электроэнергетического комплекса, развитие которого не перестаёт терять высокого темпа [3].

Важной особенностью электроэнергетического комплекса является его масштаб, обоснованный высоким уровнем спроса на электрическую энергию. Без электричества невозможно представить современной инфраструктуры, что говорит о колоссальной потребности в нём со стороны населения.

Для обеспечения нормального функционирования электроэнергетического комплекса необходимо:

– поддерживать материально-техническую базу;

- осуществлять подготовку высококлассных кадров по многоуровневым образовательным программам;
- соблюдать нормирование труда и срок работы используемой техники;
- проводить контроль за работой электроэнергетических объектов в режиме реального времени;
- вести экономический учёт;
- проводить диагностику и выполнять технические ремонты оборудования электроэнергетических объектов;
- соблюдать требования безопасности и правила эксплуатации при работе с электрическими устройствами и установками.

Объекты электроэнергетики работают под достаточно высокими нагрузками и осуществляют круглосуточную подачу электричества по всей стране. Для того чтобы электрическое оборудование не вышло из строя, необходимо грамотно распределять нагрузку и выполнять объёмы работ в соответствии с планом. Выработка и последующая передача электроэнергии – основные задачи электроэнергетического комплекса. Это достаточно сложные процессы, требующие основательного подхода и необходимых мер предосторожности [4, 5].

Для увеличения потенциала электроэнергетического комплекса следует:

- ликвидировать нецелесообразные затраты;
- увеличивать производственные площади энергетических предприятий;
- проводить научные исследования на основе анализа данных, полученных в результате работы электрооборудования;
- искать новые методы получения и транспортировки электрической энергии от источника к потребителю;
- привлекать молодых специалистов.

Электроэнергетический комплекс является важнейшим звеном в цепочке энергообеспечения страны. Для непрерывного функционирования электроэнергетических объектов требуется достаточно большое количество высококвалифицированных сотрудников. Работа в электроэнергетическом комплексе требует внимательности и ответственности. Для повышения эффективности и увеличения производственной способности электроэнергетического комплекса требуется постоянный поиск инновационных решений, которым занимаются сотрудники научных предприятий и представители сферы энергетики.

Нормальное функционирование электроэнергетического комплекса невозможно без качественного электрического оборудования. Работа с электрооборудованием имеет свою специфику и требует от мастера соответствующей квалификации, а также повышенной концентрации [6].

Для сведения к минимуму проблем, связанных с неисправностью электрического оборудования, необходимо поддерживать высокий уровень его технического обслуживания. Эксплуатационные требования напрямую связаны со спецификой конкретного вида электрооборудования, целью его применения, а также особенностями технического устройства. Как правило, чем сложнее и технологичней электрооборудование, тем наиболее сложными являются требо-

вания по его эксплуатации и содержанию, что требует повышенной ответственности со стороны работающего с данным оборудованием мастера.

Своевременное проведение технического диагностирования и ремонта электрооборудования позволяет существенно повысить его эксплуатационный срок, сохранив необходимое для безопасного использования качество [7].

Осмотр оборудования непосредственно до и после работы с ним позволяет заблаговременно выявить возможную неисправность электрооборудования и, в случае возникновения проблемы, предостеречь от его дальнейшего использования, направив его на ремонт. Это может произойти по ряду причин, основными из которых являются:

- неисправность электрооборудования;
- наличие оголённого участка провода;
- нарушение техники безопасности.

Повышение уровня подготовки сотрудников позволяет приобрести необходимый уровень компетенции, требуемых для безопасной работы с электричеством в целом и электрическими устройствами различной сложности.

Обеспечение необходимых норм хранения позволяет снизить риски потерь, связанных с негативным воздействием неблагоприятной среды, которое может привести к возникновению коррозии и окислению рабочих поверхностей электрооборудования и неисправности его элементов.

Наличие в электрической системе оголённого провода является потенциальной причиной возникновения у работников травм. Соприкосновение с таким проводом может нанести существенный вред мастеру и привести к потере работоспособности всей системы. Для того чтобы этого избежать, необходимо проводить периодические осмотры электропроводов, которые могут быть как одиночными, так и разветвлёнными, представляющими собой целые магистральные каналы, взаимосвязанные между собой. Вне зависимости от уровня сложности электрической системы, провода должны находиться в изоляции, которую создают из специальных защитных материалов. При обнаружении неисправности в системе, следует незамедлительно ликвидировать данную проблему, чтобы предотвратить потенциальные проблемы. При работе с электропроводами следует использовать экипировку, выполненную из диэлектрических элементов. Это значительно повышает безопасность и снижает риски получения удара током.

Нарушение техники безопасности при работе с электрическим оборудованием является основной причиной получения рабочими различного рода травм. Для предотвращения таких ситуаций начальникам организаций следует делать повышенный акцент на безопасности и проводить по данному направлению соответствующую политику, выражающуюся в создании необходимых условий организации труда и комплексе мер, направленных на их поддержание.

Без работы с электрооборудованием невозможно осуществить даже минимальное функционирование электроэнергетического комплекса [8, 9]. Данное оборудование бывает разных видов и уровней сложности (от простейших устройств до энергетических установок промышленного масштаба). В каждом

случае к работе с ним требуется относиться с повышенным вниманием и достаточной осторожностью. Повышение безопасности при работе с электрооборудованием является необходимой мерой, совершенствованию которой не существует предела.

Список литературы

1. Электроэнергетика. Развитие и проблемы электроэнергетики в России / С. О. Навценя, А. М. Хамитова, А. Д. Самохвалова, Е. С. Соколова // Неделя молодёжной науки - 2024 : сборник трудов внутривузовского форума, посвященного к празднованию 65-летия Государственного аграрного университета Северного Зауралья и 145-летнего юбилея Тюменского Александровского реального училища, Тюмень, 03–04 декабря 2024 года. – Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2024. – С. 362-367.
2. Сидоров, А. А. Об истории и развитии современного городского транспорта / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, А. В. Ерохин // Перспективы развития транспортной системы в Российской Федерации : Материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции, приуроченной к профессиональному празднику - Дню работника автомобильного транспорта, Рязань, 25 октября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 139-144.
3. Солнечные батареи как источник альтернативной энергии в машиностроении / В. С. Шувалов, А. А. Сидоров, М. Д. Свинаярева, Р. В. Безносюк // Научно-техническое обеспечение технологических и транспортных процессов в АПК : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, академика РАТ Николая Николаевича Колчина, Рязань, 24 мая 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2024. – С. 63-69.
4. Сидоров, А. А. Принципы повышения качества технического обслуживания автомобилей / А. А. Сидоров, Д. Г. Чурилов, С. Д. Полищук // Проблемы и перспективы развития России: молодежный взгляд в будущее : Сборник научных статей 7-й Всероссийской научной конференции: в 4-х томах, Курск, 17–18 октября 2024 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2024. – С. 220-223.
5. Основы безопасной эксплуатации наземных транспортно-технологических средств / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, Д. Г. Чурилов, С. Д. Полищук // Инновационное развитие аграрной науки: традиции и перспективы, Рязань, 22 ноября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024.
6. Основы безопасной эксплуатации наземных транспортно-технологических средств / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, Д. Г. Чурилов, С. Д. Полищук // Инновационное развитие аграрной науки: традиции и перспективы, Рязань, 22 ноября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024.
7. Сидоров, А. А. Об электромобилях с одной педалью / А. А. Сидоров, В. С. Шувалов, М. Д. Свинаярева // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Александра Алексеевича Сорокина, Рязань, 24 января 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 205-211.
8. Сидоров, А. А. Особенности современных электромобилей / А. А. Сидоров, В. С. Шувалов, М. Д. Свинаярева // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Александра Алексеевича Сорокина, Рязань, 24 января 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 220-226.
9. Ванюшина, О.И. Математический расчет требуемого объема жилищно-коммунальных услуг / О.И. Ванюшина, М.В. Поляков, И.К. Родин, В.Н. Минат, И.В. Федоскина // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук: Сборник научных трудов. - Рязань: РИРО, 2017. - С. 87-92.

Sidorov Andrei Alekseevich, student

Ryazan state agrotechnological university named after P. A. Kostychev, Russia

Gavrilin Maxim Andreevich, student

Ryazan state agrotechnological university named after P. A. Kostychev, Russia

Churilov Dmitry Gennadievich, Cand.Tech.Sci., associate professor

Ryazan state agrotechnological university named after P. A. Kostychev, Russia

FEATURES OF THE ELECTRIC POWER COMPLEX AND IMPROVING ITS PERFORMANCE

Abstract. This article examines the main features of the electric power industry and identifies the key aspects necessary to increase its productivity.

Keywords: electric power complex, energy complex, infrastructure, electrical equipment, electricity, electric power, diagnostics, maintenance, productivity, productivity improvement.

DOI 10.47581/2025.SXA-12/Stepanov-Andrey-01

МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ КОГНИТИВНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ

Степанов Андрей Сергеевич, студент

(e-mail: steandr2001@mail.ru)

Юго-Западный государственный университет, г.Курск, Россия

В статье рассматриваются различные модели интеллекта, включая иерархическую модель Роберта Стернберга, теорию множественного интеллекта Говарда Гарднера и шестифакторную модель А. Деметриу. Особое внимание уделено процессам категоризации и формированию концептуальных систем, а также роли адаптации и культурного контекста в развитии интеллектуальных способностей. Акцент сделан на интеграции когнитивных и факторных подходов, а также на междисциплинарном анализе интеллектуальных процессов.

Ключевые слова: интеллект, когнитивные способности, множественный интеллект, когнитивная наука, категоризация, концептуальная система, адаптация, мышление, когнитивные процессы, интеллектуальные способности.

ВВЕДЕНИЕ

Когнитивные способности занимают центральное место в изучении человеческого интеллекта, поскольку они определяют способность человека адаптироваться, обучаться и создавать новое. В условиях глобальной цифровизации и постоянно ускоряющегося научно-технического прогресса, креативное мышление и когнитивная гибкость приобретают всё большее значение как в профессиональной, так и в личной жизни.

Эволюция когнитивных систем, начиная от простейших биологических структур и заканчивая высокоразвитыми нейронными сетями, демонстрирует невероятный путь развития адаптивных механизмов, которые позволили человеку выделиться среди других видов. Уникальность когнитивных процессов, их связь с генетикой и культурой, а также способы их изучения представляют собой сложную и многогранную научную задачу.

Данная статья исследует различные подходы к пониманию когнитивных способностей, включая теоретические модели интеллекта, предложенные Р. Стернбергом, Г. Гарднером и А. Деметриу. Кроме того, обсуждается их значение для дальнейшего развития междисциплинарных исследований, направленных на интеграцию биологии, психологии и когнитивных наук. Понимание структуры и механизмов работы интеллекта поможет не только в разработке эффективных образовательных стратегий, но и в решении глобальных вызовов, стоящих перед обществом.

ЭВОЛЮЦИЯ КОГНИТИВНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ

Когнитивная информация не существует в окружающей среде как данность; она создаётся когнитивной системой живых существ на основе сигналов, извлекаемых из внешнего мира, и внутренних структур организма [1]. Информация представляет собой выбор из множества альтернатив, её создание, хранение и передача требуют активности и энергетических затрат. Биологические системы, управляемые генетическими и когнитивными программами, обладают интенциональностью, что отличает их от неживой материи.

Информация является основой для формирования, роста и функционирования организмов, включая их когнитивные способности. Генетическая информация, записанная на языке ДНК и РНК, обеспечивает передачу наследственных признаков, управление процессами в организме и адаптацию к окружающей среде. Эволюция когнитивных систем связана с развитием нервных тканей и механизмов обработки сигналов, что дало живым организмам существенные адаптивные преимущества.

В результате появления мощных нейрокомпьютеров стало возможным изучение процессов самогенерации когнитивных способностей в искусственных нейронных сетях, построенных на основе формальных нейронов. Хотя результаты моделирования когнитивной эволюции искусственных систем не могут быть непосредственно применены для объяснения эволюции живых организмов, они предоставляют определённые основания предполагать, что развитие когнитивных способностей могло осуществляться посредством формирования метапрограмм, управляющих выбором базовых когнитивных программ.

Эти метапрограммы обладают способностью координировать и контролировать работу множества низкоуровневых программ, что позволяет порождать новые. Однако механизмы самогенерации в нейронных сетях не раскрывают процессы генетического закрепления таких изменений у биологических организмов. Когнитивные программы управляют логической организацией нервной системы, которая носит эмерджентный характер и не сводится исключительно к физико-химическим или биологическим процессам низшего уровня [2].

В отличие от искусственных систем, когнитивные программы мозга оказывают влияние не только на логические, но и на физико-химические и генетические характеристики нервной системы. Это, в свою очередь, способствует направлению нейроэволюционных процессов и закреплению изменений на уровне генома.

Биологическая эволюция привела к развитию когнитивных систем, способных к созданию и обработке информации, что позволило организмам адаптироваться к изменениям среды. Постепенная дифференциация клеток и развитие нервной системы способствовали формированию высокоорганизованных когнитивных структур. Нейроэволюция обеспечивала «обновляемую элементную базу» для когнитивных функций мозга, включая обучение, память и мышление.

Современные исследования показали, что большая часть генов млекопитающих участвуют в формировании и работе мозга. Это указывает на высокую значимость когнитивных функций в процессе естественного отбора. Генетические механизмы, регулирующие работу мозга, активируются в ответ на когнитивные задачи, например, обучение и запоминание, что подтверждает взаимосвязь между когнитивной эволюцией и нейроэволюцией.

КОГНИТИВНЫЕ МОДЕЛИ

Модель Р. Стернберга

Когнитивные модели интеллекта, несмотря на их косвенную связь с психологией способностей, рассматривают интеллект не как свойство психики, а как сложную систему познавательных процессов, направленных на решение задач. Авторы данных моделей редко обращаются к проблематике индивидуальных различий, а также редко используют данные психометрических исследований. Индивидуальные различия в успешности выполнения задач связываются с уникальными особенностями структуры, определяющей переработку информации. Факторно-аналитические методы преимущественно применяются для эмпирической проверки когнитивных моделей, выступая своего рода промежуточным звеном между концепциями факторного анализа и теоретическими подходами общей психологии [3].

Концепция интеллекта Роберта Стернберга, разработанная в конце 80-х — начале 90-х годов, получила широкую известность. Стернберг, автор более 600 публикаций, окончил Йельский университет и Стэнфордскую аспирантуру, а ныне работает профессором психологии в Йеле. Его "иерархическая модель интеллекта" анализирует взаимосвязи между интеллектом, ментальными процессами, личным опытом и адаптивным поведением.

Стернберг выделяет три типа компонентов интеллекта:

1. Метакомпоненты — управляющие процессы, которые включают:
 - Признание и осознание проблемы;
 - Выбор стратегии и распределение ресурсов;
 - Контроль и оценка эффективности решений.
2. Исполнительные компоненты — процессы нижнего уровня иерархии, отвечающие за такие операции, как кодирование, выявление отношений и обоснование. Некоторые критики, например, У. Найсер, отмечают недостаточную детализацию этой части концепции.
3. Компоненты приобретения знаний — механизмы, необходимые для обучения метакомпонентам и исполнительным компонентам. Они включают избирательное кодирование, комбинирование и сравнение информации.

Особое внимание Стернберг уделяет роли ментальных репрезентаций. Он отмечает, что успешные испытуемые тратят больше времени на планирование и выбор стратегии, чем на выполнение задачи. Контроль за вниманием и распределение ресурсов считаются ключевыми факторами эффективности.

Стернберг также изучает взаимодействие интеллекта с окружающей средой. Он выделяет три типа отношений: адаптацию, внутренний выбор и конструирование. Например, различия в восприятии времени между культурами влияют на результаты тестирования интеллекта. В своих исследованиях он подчеркивает важность новизны задач и способности к автоматизации навыков.

Исследование обычных и одаренных детей показало, что последние лучше справляются с новыми задачами. Это связано с их способностью к инсайту и меньшей зависимостью от подсказок.

В более поздних работах Стернберг развивает теорию «ментального управления», которая рассматривает интеллект как систему взаимодействующих компонентов. Эта теория вводит такие уровни и функции, как законодательная, исполнительная и судебная, что позволяет описать интеллектуальное поведение индивида.

Концепция Стернберга отличается многообразием и сложностью, противопоставляясь более узким моделям, таким как теория Айзенка [3]. В отличие от подхода, сводящего интеллект к физиологическим параметрам, Стернберг включает в свою модель культурные и экологические аспекты.

Модель Г. Гарднера

Одной из альтернативных моделей является теория множественного интеллекта Говарда Гарднера. Он расширяет традиционные представления о когнитивных способностях, выделяя семь основных видов интеллекта:

1. Лингвистический интеллект — способность эффективно использовать язык для передачи информации, мотивации или убеждения (поэт, писатель, журналист).
2. Музыкальный интеллект — умение исполнять, сочинять музыку и воспринимать её (композитор, музыкальный критик).
3. Логико-математический интеллект — навык анализа, выявления закономерностей и решения задач (учёный, математик).
4. Пространственный интеллект — способность визуализировать объекты и их отношения в пространстве (архитектор, инженер).
5. Телесно-кинестетический интеллект — умение использовать тело для решения задач или создания (танцор, спортсмен).
6. Межличностный интеллект — способность понимать других людей и эффективно взаимодействовать с ними (психолог, учитель).
7. Внутрличностный интеллект — понимание своих эмоций и мотивов (поэт, философ).

Гарднер критикует традиционные подходы за игнорирование широты человеческих способностей и акцент на лингвистических и логико-математических навыках. Его модель подчёркивает, что интеллект проявляется в различных контекстах, и важно учитывать индивидуальные различия [4].

Попытка синтеза: модель А. Деметриу, А. Эфклидиса и М. Плачидиса

Работа А. Деметриу, А. Эфклидиса и М. Плачидиса представляет попытку синтеза факторного и когнитивного подходов. Исследователи основывались на многолетнем изучении когнитивных способностей большой группы испытуемых, применяя тесты структуры интеллекта и задачи Ж. Пиаже. В результате была разработана шестифакторная модель способностей:

1. Оперирование количественными отношениями — умение работать с числами, параметрами и пропорциями. Формирование способности происходит с 3 до 22 лет.
2. Качественный анализ и классификация — навык создания категорий и их классификации, развивающийся с 3 до 18 лет.
3. Пространственные способности — умение представлять и преобразовывать объекты в пространстве, формирующееся с 3 до 13 лет.
4. Оценка причинно-следственных связей — способность планировать эксперименты и выявлять зависимости, развивающаяся с 3 до 18 лет.
5. Вербальные способности — навык логического вывода и семантических связей, развивающийся с 3 до 18 лет.
6. Метакогнитивные способности — умение оценивать себя, регулировать поведение и применять житейскую мудрость, развивающееся на протяжении всей жизни.

Эти факторы развиваются параллельно и относительно независимо, что подчёркивает сложность структуры интеллекта. Модель Деметриу интегрирует идеи как когнитивных, так и факторных подходов, предлагая многогранное описание человеческих способностей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование когнитивных способностей человека является важным шагом на пути к глубокому пониманию природы интеллекта и его адаптивных функций. Представленные в статье концепции демонстрируют, что интеллект — это сложная, многомерная система, которая тесно связана с биологическими, культурными и социальными факторами. Теории Стернберга и Гарднера подчеркивают многообразие форм интеллекта, включая не только традиционные логико-математические и лингвистические способности, но и музыкальные, пространственные, межличностные и другие виды интеллекта.

Важным элементом анализа становится синтетическая модель А. Деметриу, которая объединяет различные подходы, акцентируя внимание на развитии когнитивных способностей на протяжении всей жизни. Это свидетельствует о необходимости комплексного подхода к изучению интеллекта, учитывающего генетические, когнитивные и культурные аспекты.

В будущем развитие когнитивных исследований и искусственного интеллекта может привести к значительным открытиям, которые помогут человечеству эффективнее использовать свои способности. Углубление знаний о когнитивных процессах будет способствовать не только прогрессу науки, но и созданию более гармоничного общества, где разнообразие человеческих способностей рассматривается как ценность и источник развития [5].

Список литературы

1. Кубрякова Е.С., Демьянков В.З., Панкрац Ю.Г., Лузина Л.Г. Краткий словарь когнитивных терминов. М.: Филол. фак. МГУ, 1996. 245 с.
2. Меркулов И.П. Когнитивные способности. М.: ИФ РАН, 2005. 182 с.
3. Дружинин В.Н. Психология общих способностей. СПб.: Издательство «Питер», 1999. 368 с.
4. Белогрудова В.П., Семерикова А.В. Теория множественного интеллекта Г. Гарднера и ее принципиальное значение для современного образования // Журнал «Проблемы романо-германской филологии, педагогики и методики преподавания иностранных языков» 2008, выпуск 6. С. 89-96.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/teoriya-mnozhestvennogo-intellekta-g-gardnera-i-ee-printsiipialnoe-znachenie-dlya-sovremennogo-obrazovaniya>
5. Тимшин А. Р., Цеунов К. С. Определение способностей и их места в структуре когнитивного развития // Журнал «Вестник науки» 2022, выпуск 12 (57). С. 337-342.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-sposobnostey-i-ih-mesta-v-strukture-kognitivnogo-razvitiya>
6. Березина Т. Н. Развитие когнитивных способностей как проблема практической психологии // Журнал «Педагогика и психология образования» 2009, выпуск 4. С. 6-19.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-kognitivnyh-sposobnostey-kak-problema-prakticheskoy-psihologii>
7. Сынгаевская Л. П. Развитие когнитивных способностей и их влияние на успешность выпускников // Журнал «Психология и педагогика: методика и проблемы практического применения» 2012, выпуск 27. С. 34-39.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-kognitivnyh-sposobnostey-i-ih-vliyanie-na-uspeshnost-vypusknikov>

Stepanov Andrey Sergeevich, student

(e-mail: steandr2001@mail.ru)

Southwestern State University, Kursk, Russia

A MODEL FOR THE FORMATION OF COGNITIVE ABILITIES

Abstract. The article examines various models of intelligence, including Robert Sternberg's hierarchical model, Howard Gardner's theory of multiple intelligence, and A. Demetriou's six-factor model. Special attention is paid to the processes of categorization and the formation of conceptual systems, as well as the role of adaptation and cultural context in the development of intellectual abilities. The emphasis is placed on the integration of cognitive and factorial approaches, as well as on the interdisciplinary analysis of intellectual processes.

Keywords: intelligence, cognitive abilities, multiple intelligence, cognitive science, categorization, conceptual system, adaptation, thinking, cognitive processes, intellectual abilities.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАТУРАЛЬНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ ВОЛОКОН
ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА БЕТОНА**

Стородубцева Тамара Никаноровна, д. т. н., профессор

(tamara-tns@yandex.ru)

Сигачева Анастасия Витальевна, студент

(an.sigacheva@mail.ru)

Китаев Вадим Вячеславович, магистрант

(kitaevshvepsvadimka@gmail.com)

Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г. Ф. Морозова

В работе рассматривается проблема улучшения эксплуатационных характеристик бетона, применяемого в дорожном строительстве, за счет применения натуральных волокон растительного происхождения. Исследуются такие волокна, как бамбуковое, кокосовое, конопляное, джут и сизаль. Анализируются их преимущества и недостатки, а также находится решение основных проблем в использовании. Согласно исследованиям, натуральные растительные волокна можно считать оптимальным решением в качестве модифицирующей добавки в бетон.

Ключевые слова: бетон, растительные волокна, добавки для бетона, строительные материалы, модифицирующие добавки.

В наше время бетон считается одним из самых распространенных строительных материалов, обладающим прочностью, долговечностью, универсальностью и экономической эффективностью [1, 2]. Благодаря этим свойствам его считают практически незаменимым. Однако его хрупкость, склонность к трещинообразованию и высокий углеродный след все еще остаются серьезными проблемами. В поисках решения нужно исследовать различные добавки, способные улучшить свойства бетона. Особое внимание стоит уделить натуральным волокнам, которые сочетают экологичность и доступность.

В данной статье рассмотрено, каким образом натуральные растительные волокна улучшают механические и экологические показатели бетона. Бетон – искусственный строительный материал, получаемый в результате затвердевания уплотненной смеси, состоящей из вяжущего вещества, заполнителя и воды. Вяжущее вещество и вода в результате реакции образуют цементный камень, скрепляющий зёрна заполнителей [3]. Но в чистом виде бетон используется редко из-за своих недостатков. Он имеет низкую прочность на растяжение и изгиб, что без армирования приводит к быстрому разрушению. Бетон плохо воспринимает ударные и вибрационные нагрузки, что может приводить к трещинообразованию. К этому процессу может привести и резкий перепад температур, вызывающий внутренние напряжения. Помимо этого, бетон склонен к усадке – уменьшению объема при высыхании. Еще одним недостатком является выброс большого количества углекислого газа при производстве цемента. Для

того, чтобы решить эти проблемы, нужно использовать различные добавки, придающие специальные свойства [3-5].

Натуральные растительные волокна – это волокна, получаемые из различных частей растений (стеблей, листьев, плодов и семян). Они состоят из целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина, что делает их прочными и экологичными. Благодаря этим свойствам их часто используют как армирующее вещество в бетон. К таким волокнам относят бамбуковые, кокосовые (койр) конопляные, джут, сизаль и другие. Также натуральные растительные волокна пользуются высоким спросом благодаря своей легкодоступности.

Рассмотрим подробнее каждое волокно и их влияние на свойства бетона при армировании:

1. Бамбуковое волокно (бамбук) – многолетнее растение, произрастающее в Азии, Африке, Южной и Северной Америке. Исследования ученых [4, 6] показали, что бамбуковый материал состоит из прочно соединенных частиц, способных выдерживать сжатие и изгиб, а также ограничивать распространение трещин в бетоне. Доказано, что бамбукобетон обладает более высокой прочностью на растяжение, чем железобетон. Благодаря высокой жесткости, материал снижает деформации бетона. Еще одним преимуществом бамбука является его легкость, он в 3-5 раз легче стали, что снижает вес бетонных конструкций и упрощает их транспортировку. Но у него есть и недостатки. Главными из них являются его гигроскопичность и ползучесть (деформация под длительной нагрузкой).

2. Кокосовые волокна производят из внешней оболочки кокосовых орехов, произрастающих преимущественно в тропиках и прибрежных песчаных зонах. Материал обладает высоким количеством лигнинового покрытия. Это делает его устойчивым к влаге, что полезно для строительства в условиях высокой влажности. Исследования показывают [7, 8], что добавление в бетон 2 % кокосового волокна повышает его прочность на изгиб, осевое сжатие и стойкость к трещинообразованию. К недостаткам можно отнести гигроскопичность, в результате которой снижается прочность бетона на сжатие.

3. Конопляное волокно – натуральный материал, получаемый из стеблей конопли. В процессе роста конопля поглощает значительное количество углекислого газа, что компенсирует выбросы от производства бетона. Обработанные волокна добавляются в цемент, благодаря чему усиливают прочность бетона на растяжение и сохраняют эластичность, что позволяет выдерживать вибрации и динамические нагрузки. Исследователи заметили [9, 10], что конопляные волокна распределяют внутренние напряжения, уменьшая усадку бетона. Недостатком материала является его гигроскопичность, приводящая к нарушению гидратации цемента.

4. Джут – натуральное волокно, произрастающее в тропических и субтропических регионах Азии и Африки. Материал имеет высокую прочность, гигроскопичность и эластичность. В результате испытаний [9], ученые выяснили, что добавление джута в производство бетона увеличивает его прочность на сжатие,

изгиб и растяжение, а также препятствует образованию трещин. К недостаткам материала относятся его недолговечность и гигроскопичность.

5. Сизаль – натуральное волокно, получаемое из листьев агавы, в основном произрастающей в высокогорных районах Мексики. Материал обладает более высокой прочностью, чем койр и джут. Также он обладает высокой ударной вязкостью, что повышает устойчивость бетона к динамическим нагрузкам. Бетон, армированный сизалевым волокном, пластичен при ударных нагрузках и менее подвержен трещинообразованию. Недостатками материала являются его гигроскопичность и жесткость волокон, склонная к слипанию и образованию неоднородности в бетоне.

Таблица – Сравнительная характеристика волокон, их внедрения в бетон

Характеристика	Бамбуковое волокно	Кокосовое волокно	Конопляное волокно	джут	сизаль
Оптимальная длина, мм	10-50	10-30	10-50	10-40	10-30
Толщина и структура	Волокна грубые, поэтому расщепляются на более тонкие нити или обрабатываются механически для улучшения адгезии с цементом				
Способ добав- ления в бетон	Волокна вводят в сухую смесь (цемент, песок, заполнители) перед добавлением воды				
Оптимальное количество	1-3 % от массы цемента, избыток приводит к ухудшению удобоукладываемости и снижению прочности бетона				

Включение натуральных растительных волокон в состав бетона демонстрирует ряд преимуществ по сравнению с синтетическими волокнами. Основные из них – доступность, возобновляемость, безопасность в использовании и снижение углеродного следа. Основной проблемой использования исследуемых материалов является гигроскопичность, но ее можно решить с помощью предварительной сушки волокон или обработки гидрофобными составами.

Заключение. Использование натуральных волокон в бетоне открывает новые возможности для создания более прочных, долговечных и экологически чистых строительных материалов. Несмотря на некоторые ограничения, преимущества таких волокон делают их перспективным направлением для дальнейших исследований и внедрения в строительную практику. Таким образом, натуральные волокна представляют собой важный элемент в стремлении к созданию устойчивых и высококачественных строительных материалов.

Список литературы

1. Андреевич А. В. Применение бетона в строительстве // Наука и образование сегодня. 2019. №3 (38). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-betona-v-stroitelstve> (дата обращения: 01.03.2025).
2. Павлюченко, Е. В. Использование деревобетона в строительной сфере. Особенности материала на основе древесных отходов / Е. В. Павлюченко, Т. Н. Стородубцева, В. А. Бондарев // Энергосберегающие и экологически перспективные технологии лесного и лесопромышленного комплекса : материалы Всероссийской научно-практической конференции мо-

лодых ученых и студентов, Воронеж, 25 мая 2023 г. / отв. ред. А. Ю. Корчагина ; ВГЛТУ. - Воронеж, 2023. - С. 80-84.

31. Запруднов, В. И. Строительное дело и материалы : учеб. пособие / В. И. Запруднов. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2024. – 596 с. // Лань – URL: <https://e.lanbook.com/book/424349> (дата обращения: 03.03.2025).

4. Althoe F, Awoyera PO, Inyama K, Khan MA, Mursaleen M, Hadidi HM and Najm HM (2022) Strength and microscale properties of bamboo fiber-reinforced concrete modified with natural rubber latex. *Front. Mater.* 9:1064885. doi: 10.3389/fmats.2022.1064885

5. Стородубцева, Т. Н. К вопросу гипотез процессов структурообразования полимерных стекловолоконистых бетонов / Т. Н. Стородубцева, С. М. Гонпарев, М. А. Томилин // Арктика: инновационные технологии, кадры, туризм. - 2020. - № 1 (2). - С. 468-472.

6. Попов К. Н. Бетон // Большая российская энциклопедия: научно-образовательный портал – URL: <https://bigenc.ru/c/beton-1db3de/?v=9470502> (дата обращения: 01.03.2025).

7. Стородубцева, Т. Н. Возможность применения асфальтобетонного покрытия на лесовозных дорогах III категории / Т. Н. Стородубцева, А. С. Сажнева, В. А. Соленьев // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. - 2020. - Т. 8, № 3 (50). - С. 233-239.

8. Сяньпэн, В. Экспериментальное исследование прочности переработанного бетона с 2 % кокосового волокна / В. Сяньпэн, С. Н. Леонович. // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2022. – Выпуск 2022-3(155) Здания и сооружения с применением новых материалов и технологий. – С. 84-93. – URL: [https://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2022/2022-3\(155\)/st_14_xianpeng_leonovich.pdf](https://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2022/2022-3(155)/st_14_xianpeng_leonovich.pdf) (дата обращения: 03.03.2025).

9. Zakaria, M., Ahmed, M., Hoque, M.M. et al. Effect of jute yarn on the mechanical behavior of concrete composites. *SpringerPlus* 4, 731 (2015). <https://doi.org/10.1186/s40064-015-1504-7>.

10. Zhou X, Saini H and Kastiukas G (2017) Engineering Properties of Treated Natural Hemp Fiber-Reinforced Concrete. *Front. Built Environ.* 3:33. doi: 10.3389/fbuil.2017.00033

Storodubtseva Tamara Nikanorovna, Doctor of Technical Sciences, Prof.

(tamara-tns@yandex.ru), тел. 8-950-755-19-95

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russia, Voronezh

Sigacheva Anastasia Vitalievna, student

(an.sigacheva@mail.ru)

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russia, Voronezh

Kitaev Vadim Vyacheslavovich, master's student

(kitaevshvepsvadimka@gmail.com)

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russia, Voronezh

THE EVOLUTION OF MODELING IN THE FASHION INDUSTRY

Abstract. The paper considers the problem of improving the performance characteristics of concrete used in road construction through the use of natural fibers of plant origin. Fibers such as bamboo, coconut, hemp, jute and sisal are being investigated. Their advantages and disadvantages are analyzed, as well as the solution to the main problems in use. According to research, natural plant fibers can be considered the optimal solution as a modifying additive in concrete.

Keywords: concrete, plant fibers, concrete additives, building materials, modifying additives.

УДК 621.762

БЕЗОТХОДНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВОГО НИКЕЛЯ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОГО ДИСПЕРГИРОВАНИЯ

Улитин Дмитрий Алексеевич, аспирант

(e-mail: ulitdmtr@gmail.com)

Агеева Екатерина Владимировна, д. т. н., профессор

(e-mail: ageeva-ev@yandex.ru)

Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова

В данной статье рассмотрен метод электроэрозионного диспергирования отходов никеля в углеродсодержащей среде авиационного керосина.

Экспериментально установлено, что процесс электроэрозионного диспергирования отходов вольфрама в среде авиационного керосина является экологически безопасной технологией рециклинга дорогостоящих металлоотходов с целью их повторного использования в различных отраслях промышленности и машиностроения.

Ключевые слова: электроэрозионное диспергирование, никелевый порошок, окружающая среда, авиационный керосин.

Объемы промышленного производства в современном мире поднимают вопросы рационального и бережливого расходования невозобновляемых природных ресурсов. Особую роль для промышленности из числа полезных ископаемых представляют металлы.

Одно из главных направлений развития современной промышленности – оптимизация производства, подразумевающая использование инновационных материалов, а также повторное использование редкоземельных и дорогостоящих металлов. В числе таких материалов вольфрамовые псевдосплавы, обладающие уникальными свойствами и получившие широкое распространение в различных отраслях промышленности. Вольфрамовые псевдосплавы зачастую в своем составе содержат никель.

Никель – химический элемент, 28-й элемент периодической системы Д. И. Менделеева. Относится к тяжелым металлам. Никель используется для получения сплавов с особыми свойствами: тугоплавких, коррозионноустойчивых, с низким коэффициентом расширения, с высоким электросопротивлением и т. п.. Отличается устойчивостью в химически активных средах, в том числе в щелочах. В атмосферных условиях покрывается защитной оксидной пленкой и не окисляется даже при температуре 800 °C [1].

Электроэрозионное диспергирование (ЭЭД) представляет собой разрушение токопроводящего материала в результате локального воздействия кратковременных электрических разрядов между электродами, генерируемых установкой по получению нанодисперсных порошков из токопроводящих материалов [2,3]. В зоне разряда под действием высоких температур происходит нагрев, расплавление и частичное испарение материала. В качестве диспергируемого материала используется лом токопроводящих металлов, который подвергается разрушению под воздействием разрядов электрического тока в рабочей жидкости, в

качестве которой могут выступать как неорганические, так и органические среды [4,5].

В данном исследовании использовались отходы никеля в виде пластин различной толщины и размера и авиационный керосин ТС-1 (ГОСТ 10227-2013). На рисунке 1 представлена общая схема проведения процесса ЭЭД.

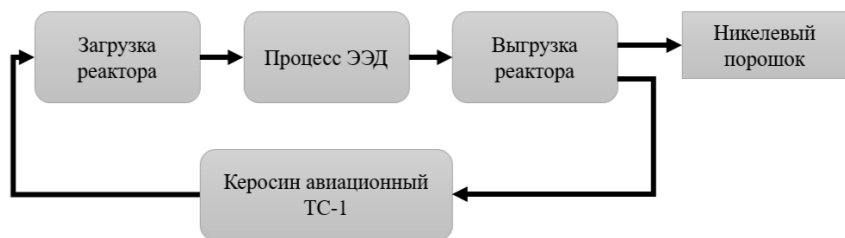


Рисунок 1 – Принципиальная схема электроэрозионного диспергирования никелевых металлоотходов

Пластины из никеля очищались от внешних загрязнений и загружались в реактор для проведения процесса, туда же помещались электроды, смонтированные из тех же пластин никеля, и ёмкость заполнялась авиационным керосином ТС-1, после чего запускался процесс ЭЭД. По окончании отведённого времени установка обесточивалась и реактор выгружался. Рабочая жидкость собиралась в герметичную тару, после чего следовала на очистку и сертификацию, подготавливаясь к последующей работе. Металлоотходы никеля, которые не измельчились за отведенное время процесса ЭЭД, промывались, сушились и проходили весовой контроль для подсчёта материального баланса процесса. Получившийся в результате проведения работы никелевый порошок так же извлекался, промывался, сушился, проходил контроль качества и массы, после чего паковался в герметичную тару и отправлялся на дальнейшие исследования. По завершении данных операций, реактор вновь загружался тем же материалом и заполнялся очищенной рабочей жидкостью. Процесс возможно проводить до полного расходования диспергируемого материала [6,7].

Рабочая жидкость (авиационный керосин) после серии опытов требует очистки для последующего использования. Очистка проводится методом простой перегонки при атмосферном давлении, при этом еще и происходит отделение твёрдых и нелетучих веществ от рабочей жидкости. Температура перегонки 150-250⁰С.

Надежным критерием степени чистоты жидких веществ является показатель преломления, поэтому в нашей работе перегнанный керосин исследовали с помощью рефрактометра марки ИРФ-454 БМ. Показатель преломления составил 1,39. Так же нами проводилось измерение плотности рабочей среды с помощью ареометра.

Рабочая жидкость после очистки полностью соответствует требованиям к физико-техническим показателям по ГОСТ 10227-2013, следовательно, в ней

можно проводить следующую серию опытов по получению электроэрозионных порошков никеля. И так до полного расходования начального объема авиационного керосина, т.е. в процессе ЭЭД металлоотходов никеля не накапливаются отработанные жидкости, собирается лишь минимальное количество куба перегонки, что составляет порядка 1 % от исходного объема рабочей жидкости [7,8].

Таким образом, мы можем сделать вывод, что процесс электроэрозионного диспергирования никелевых металлоотходов в среде авиационного керосина не только не наносит какого-либо вреда окружающей среде, но и позволяет использовать никелевые металлоотходы в промышленности.

Список литературы

1. Агеев Е.В. Восстановление и упрочнение деталей автотракторной техники плазменно-порошковой наплавкой с использованием порошков, полученных электроэрозионным диспергированием отходов спеченных твердых сплавов / Е.В. Агеев, В.И. Серебровский, Б.А. Семенихин, Е.В. Агеева, Р.А. Латыпов, Гнездилова Ю.П. // Курск, 2010.
2. Агеев Е.В. Разработка генератора импульсов установки электроэрозионного диспергирования / Е.В. Агеев, Б.А. Семенихин, Р.А. Латыпов // Информационно-измерительные, диагностические и управляющие системы. Диагностика-2009 сб. мат. Межд. науч.-техн. конф. 2009. С. 144-147.
3. Пат. 2449859 Российская Федерация, МПК C22F 9/14, C23N 1/02, B82Y 40/00. Установка для получения нанодисперсных порошков из токопроводящих материалов [Текст] / Агеев Е.В., Латыпов Р.А. и [др.]; заявитель и патентообладатель Юго-Зап. гос.ун-т. – № 2010104316/02; заявл. 08.02.2010; опубл. 10.05.2012, Бюл. № 13.
4. Кругляков О.В. Исследование микротвердости покрытий, полученных с использованием вольфрамсодержащих электроэрозионных порошков / О.В. Кругляков, А.Д. Сытченко, С.В. Хардинов, Е.В. Агеева // Техника и технологии: пути инновационного развития: сб. тр. 4-ой Междунар. науч.-практ. конф. – Курск, 2014. – С. 173–176.
5. Агеева, А. Е. Рентгенофлуоресцентный анализ элементного состава металлоотходов вольфрама, никеля и меди / А. Е. Агеева, О. Г. Локтионова, Д. А. Улитин // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. – 2023. – Т. 13, № 4. – С. 20-31. – DOI 10.21869/2223-1528-2023-13-4-20-31. – EDN TADUVD.
6. Получение и исследование порошка карбида вольфрама из металлоотходов вольфрама марки ВА в керосине авиационном / Е. В. Агеева, О. Г. Локтионова, Д. А. Улитин, А. Е. Агеева // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. – 2024. – Т. 14, № 3. – С. 30-39. – DOI 10.21869/2223-1528-2024-14-3-30-39. – EDN UUXKWS.
7. Агеев, Е. В. Гранулометрический и фазовый составы порошка, полученного из вольфрамсодержащих отходов инструментальных материалов электроэрозионным диспергированием в керосине / Е. В. Агеев, Е. В. Агеева, Е. А. Воробьев // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2014. – № 4(112). – С. 11-14. – EDN SAMGBH.
8. Алтухов А.Ю. Порошковые композиционные электроэрозионные материалы: получение и свойства: монография / А.Ю. Алтухов, Е.В. Агеева, О.В. Кругляков, А.В. Щербаков, Е.П. Новиков // Курск: Из-во ЗАО «Университетская книга», 2016. 146 с.

Ulitin Dmitry Alekseevich, Postgraduate Student

Southwestern State University, Kursk, Russia,

Ageeva Ekaterina Vladimirovna, Doctor of Technical Sciences, Professor

Southwestern State University, Kursk, Russia

WASTE-FREE TECHNOLOGY FOR OBTAINING POWDERED NICKEL BY ELECTROEROSION

Abstract. This article discusses the method of electroerosive dispersion of nickel waste in a carbon-containing environment of aviation kerosene.

It has been experimentally established that the process of electroerosive dispersion of tungsten waste in the environment of aviation kerosene is an environmentally safe technology for recycling expensive metal waste in order to reuse it in various industries and engineering

Keywords: electroerosive dispersion, nickel powder, environment, aviation kerosene.

АНАЛИЗ КОНЦЕНТРАЦИИ ЭЛЕКТРОЛИТА ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ И УПРОЧНЕНИИ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Фетисов Владислав Сергеевич, аспирант

(e-mail: vladislav.fetisov.2016102@mail.ru)

Кончин Владимир Алексеевич, к.т.н., доцент

(e-mail: konchin98@mail.ru)

Курский ГАУ, г. Курск

В данной статье проводится анализ перспектив применения композиционных электролитических покрытий (КЭП) в сельском хозяйстве. Рассматриваются теоретические и практические аспекты технологии, включая определение термина «композит», исследование компонентного и химического состава электролита, анализ используемых материалов и их ключевые преимущества. Исследование направлено на оценку потенциала КЭП для повышения надежности и долговечности сельскохозяйственной техники, а также на оценку возможностей дальнейшего развития этой технологии.

Ключевые слова: электроосаждение, композиционные покрытия, коэффициент трения, матрица, дисперсные частицы.

Современное сельское хозяйство устанавливает высокие требования к надежности и долговечности машин и оборудования. Постоянное воздействие агрессивной среды – абразивной пыли, коррозионных веществ, высоких температур и механических нагрузок – значительно сокращает срок службы агрегатов.

Одним из самых эффективных способов повышения эксплуатационных свойств, таких как износостойкость электролитических покрытий, является формирование композиционных покрытий, состоящих из металлической матрицы, упрочнённой твёрдыми частицами дисперсной фазы [1-3]. В такой структуре твёрдые частицы воспринимают и перераспределяют внешние механические нагрузки, снижая их воздействие, в то время как металлическая матрица выполняет роль связки и обеспечивает удержание дисперсной фазы. Метод формирования композиционных электролитических покрытий основан на совместном осаждении металлической матрицы и дисперсных порошковых частиц различных размеров и типов из электролитов-суспензий на поверхность обрабатываемых деталей. К числу используемых дисперсных материалов относятся нанопорошки металлов и их сплавов, ультрадисперсные алмазы, фуллерены (например, C_{60}), а также оксиды, карбиды, бориды, сульфиды и другие соединения. КЭП представляют собой усовершенствованный вариант традици-

онной технологии электролитического осаждения износостойких металлических покрытий. Они формируются в процессе электролиза из растворов, применяемых для железнения, никелирования, хромирования и других гальванических процессов, с добавлением мелкодисперсных порошков упрочняющих материалов. Электролиты, состоящие из водных растворов солей металлов и включающие взвешенные частицы дисперсной фазы, называют «электролиты-суспензии» (ЭС).

Гальванотехника - часть прикладной электрохимии, рассматривающая физические основы электролитических способов наращивания деталей.

Гальваностегические покрытия находят применение как в машиностроении, так и при ремонте техники, выполняя следующие функции:

1. Исправление брака механической обработки (наращивание Cr, Fe, Cu).
2. Повышение износостойкости деталей (наращивание Cr, Fe, Ni, сплава Fe - Ni).
3. Повышение жаростойкости деталей (покрытие Cr).
4. Защитно-декоративные покрытия (покрытие Cr, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb и др.).
5. Восстановление изношенных деталей (наращивание Cr, Ni, Fe, сплава Fe - Ni, Cu).
6. Повышение антифрикционных свойств поверхностей трения (Fe, Zn, Cu, Sn).

Проводники 2 рода (кислоты, щелочи, соли), известные как электролиты, при растворении в воде подвергаются электролитической диссоциации - процессу, в результате которого молекулы распадаются на ионы, представляющие собой заряженные частицы, состоящие из отдельных атомов или групп атомов с положительным или отрицательным зарядом. Заряд аниона принято обозначать отрицательным знаком «минус» или соответствующим числом со знаком «минус» (например, OH^-). Аналогично, для катионов используется положительный знак или число со знаком «плюс» катиона - плюсом или соответствующим числом со знаком «плюс» (H^+ , Fe^{2+}).

Поскольку количество положительных и отрицательных зарядов во всех ионах раствора совпадает, раствор электролита остается электрически нейтральным.

В зависимости от концентрации соли железа выделяют 3 типа электролитов:

- 1 тип - высококонцентрированные (600-680 г/л хлористого железа);
- 2 тип - среднеконцентрированные (400-450 г/л хлористого железа);
- 3 тип - малоконцентрированные (200-220 г/л хлористого железа).

Наиболее подходящим для создания твердых покрытий считается малоконцентрированный электролит [4-7]. Он является простым по составу и надежным в эксплуатации, а его эффективность была подтверждена длительными испытаниями на ряде промышленных предприятий.

Состав электролита:

1. Хлористое железо ($\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$): 200–220 г/л
2. Соляная кислота (HCl): 0,6–0,8 г/л

Процесс электролиза осуществляется при температуре 60–80°C и плотности тока 20 а/дм².

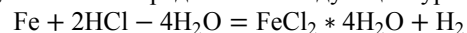
Использование малоконцентрированного электролита (третьего типа) позволяет получать плотные мелкозернистые покрытия с высокими механическими характеристиками. Скорость осаждения железа при этом достигает 0,4–0,5 мм на сторону в час, что в 15–20 раз превышает скорость осаждения хрома.

Основными компонентами электролита являются хлористое железо ($\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) и соляная кислота (HCl).

Хлористое железо ($\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) (ГОСТ 4149-48) представляет собой голубоватые гигроскопические кристаллы (уд. вес 1,937). Взаимодействуя с воздухом, они склонны к окислению, что необходимо учитывать при хранении и использовании.

Соляная кислота (хлороводородная) (HCl) представляет собой бесцветный газ с характерным резким запахом, который широко применяется в виде водных растворов различной концентрации. В зависимости от удельного веса раствора (от 1,14 до 1,20 г/см³) содержание HCl варьируется в пределах 26,66–39,11%. В технологических процессах приготовления и коррекции хлористых электролитов используют как химически чистую кислоту (ГОСТ 3118-46), так и техническую соляную кислоту (ГОСТ 857-57), в зависимости от требований к чистоте процесса.

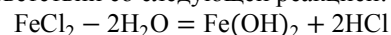
В производственных условиях, учитывая дефицит и высокую склонность к окислению кристаллического хлористого железа, процесс приготовления электролита осуществляется путем травления соляной кислотой до насыщения стружек, полученных из малоуглеродистой стали. Взаимодействие металлических стружек с разбавленной кислотой приводит к образованию в растворе хлористого железа, что можно представить следующим уравнением реакции:



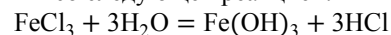
Для приготовления электролита рекомендуется использовать воду, очищенную от примесей. Оптимальными вариантами являются дистиллированная вода или вода, прошедшая процесс кипячения либо другие методы очистки, позволяющие удалить нежелательные примеси и гарантировать требуемое качество раствора.

Для предотвращения образования гидроксида железа, который может, попадая в осадок, снизить качество электролита, в раствор следует добавлять соляную кислоту в концентрации 0,6–0,8 г/л. Присутствие избытка ионов H^+ препятствует образованию гидроксида железа.

При кислотности электролита $\text{pH} = 1,5$ происходит образование гидроксида железа $\text{Fe}(\text{OH})_2$ в соответствии со следующей реакцией:



При кислотности электролита $\text{pH} = 6,3$ в электролите образуется окись железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$ в соответствии со следующей реакцией:



В процессе эксплуатации электролита неизбежно происходит его окисление кислородом воздуха, что приводит к образованию ионов трёхвалентного железа (Fe^{3+}) в концентрации до 5 г/л. При превышении этого уровня раствор приобретает характерный желтоватый оттенок, указывающий на избыточное накопление Fe^{3+} в ванне.

Учитывая атомные массы элементов, участвующих в реакции, и тот факт, что промышленная соляная кислота представляет собой водный раствор хлороводорода (HCl), количество необходимых материалов для приготовления одного литра электролита с концентрацией К граммов хлористого железа можно определить следующим образом:

$$\text{Масса стальных стружек: } X_1 = 0,281 \cdot K$$

$$\text{Масса соляной кислоты: } X_2 = \frac{36,7 \cdot K}{a}$$

Здесь а - процентное содержание (по весу) HCl в кислоте, применяемой для травления.

Для проведения сравнительного анализа характеристик композита на основе дисульфида молибдена Согласно результатам, представленным в работе, микротвёрдость покрытия с дисульфидом молибдена достигала 7500 МПа, а минимальный износ составлял $3,4 \cdot 10^{-6}$ кг. Несмотря на то, что композит на основе ванадия-вольфрама-железа не достигает такой высокой твердости, его прочностные характеристики оказываются выше на 30 - 50 %, а износостойкость и предел прочности на разрыв выше в 2 раза. Эти свойства композита ванадия-вольфрама-железа позволяют использовать его в тех областях, где важна высокая прочность и гибкость, но при этом не требуется максимальная твердость, которая может ограничить использование покрытия с дисульфидом молибдена из-за его хрупкости. Таким образом, несмотря на более низкие показатели микротвердости, композит ванадий-вольфрам-железо обладает хорошей комбинацией прочности и гибкости, что особенно важно для деталей, подверженных интенсивным механическим воздействиям, вибрациям и другим динамическим нагрузкам, где жесткие покрытия могут быть слишком хрупкими [8-10].

В отличие от покрытия с дисульфидом молибдена, композит ванадий-вольфрам-железо обладает лучшей вязкостью и может работать в более жестких условиях. В этом контексте ванадий-вольфрам-железо представляет собой более сбалансированное решение, которое расширяет возможности применения в промышленности и ремонтных работах.

Список литературы

1. Кончин, В. А. Исследование микроструктуры плазменных покрытий стрелчатых лап культиватора / В. А. Кончин // Современные материалы, техника и технологии. – 2024. – № 1(52). – С. 56-60.
2. Кончин, В. А. Исследование износостойкости восстановленных и упрочненных стрелчатых лап культиватора / В. А. Кончин // Современные материалы, техника и технологии. – 2024. – № 1(52). – С. 50-55.
3. Кончин, В. А. Композиционные материалы в агропромышленности / В. А. Кончин // Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении : сборник научных статей 2-й Всероссийской научно-технической конференции, Воронеж, 11–12 апреля 2024 года. – Воронеж: ЗАО «Университетская книга», 2024. – С. 188-191.

4. Серникова, О. С. Использование переменного тока при электроосаждении железа / О. С. Серникова, В. А. Кончин // Современные проблемы и направления развития металловедения и термической обработки металлов и сплавов : Сборник научных статей 3-й Международной научно-практической конференции, посвященной памяти академика А.А. Байкова, Курск, 15 сентября 2022 года / Отв. редактор Е.В. Агеев. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 150-153.

5. Кончин, В. А. Возможные способы получения композиционных покрытий / В. А. Кончин // Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении : сборник научных статей 2-й Всероссийской научно-технической конференции, Воронеж, 11–12 апреля 2024 года. – Воронеж: ЗАО «Университетская книга», 2024. – С. 192-197.

6. Серебровский, В. И. Оптимизация процесса гальванического осаждения композиционных покрытий из электролитных суспензий / В. И. Серебровский, О. С. Серникова, В. А. Кончин // 21 век: фундаментальная наука и технологии : Материалы XXXVI международной научно-практической конференции, Bengaluru, 19 ноября 2024 года. – Bengaluru, Karnataka, India: Pothi.com, 2024. – С. 132-138.

7. Серебровский, В. И. Исследование износостойкости композиционных покрытий, с использованием электроосаждения из электролитных суспензий / В. И. Серебровский, О. С. Серникова, В. А. Кончин // 21 век: фундаментальная наука и технологии : Материалы XXXVI международной научно-практической конференции, Bengaluru, 19 ноября 2024 года. – Bengaluru, Karnataka, India: Pothi.com, 2024. – С. 126-131.

8. Кончин, В. А. Композиционные материалы в агропромышленности / В. А. Кончин // Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении : сборник научных статей 2-й Всероссийской научно-технической конференции, Воронеж, 11–12 апреля 2024 года. – Воронеж: ЗАО «Университетская книга», 2024. – С. 188-191.

9. Кончин, В. А. Эффективность ресурсосбережения на предприятиях Курской области / В. А. Кончин // Качество продукции в АПК: контроль, управление, повышение, планирование : Сборник научных статей Международной научно-технической конференции, Курск, 05 апреля 2024 года. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2024. – С. 114-117.

10. Упрочнение деталей машин композиционными электроосажденными покрытиями с применением электроэрозионных диспергированных твердых сплавов / В. И. Серебровский, Е. В. Агеев, О. С. Серникова [и др.]. – Курск : Курский государственный аграрный университет им. И.И. Иванова, 2022. – 93 с.

11. Результаты исследования износостойкости плазменного покрытия из твердосплавного порошкового материала/ Кончин В.А.// Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 2 (47). С. 30-32.

12. Влияние подготовки поверхности на прочность сцепления электроосажденных покрытий/ Серебровский В.И., Серникова О.С., Кончин В.А.// Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 1 (46). С. 79-85.

13. Результаты исследования износостойкости плазменного покрытия из твердосплавного порошкового материала/ Кончин В.А.// Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 2 (47). С. 30-32.

14. Оптимизация состава наплавляемых порошковых композиций с целью улучшения качества плазменных покрытий стрелчатых лап культиватора/ Кончин В.А.// Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 4 (49). С. 69-78.

15. Упрочнение деталей машин композиционными электроосажденными покрытиями с применением электроэрозионных диспергированных твердых сплавов/ Серебровский В.И., Агеев Е.В., Серникова О.С., Кончин В.А., Колмыков В.И.// Курск, 2022.

16. Оптимизация состава наплавляемых порошковых композиций с целью улучшения качества плазменных покрытий стрелчатых лап культиватора/ Кончин В.А.// Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 4 (49). С. 69-78.

17. Влияние подготовки поверхности на прочность сцепления электроосажденных покрытий/ Серебровский В.И., Серникова О.С., Кончин В.А.// Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 1 (46). С. 79-85.

18. Определение гранулометрического размера электроэрозионного порошка титанокарбидовой группы, полученного в воде дистиллированной/ Кончин В.А., Серникова О.С., Кучерявенко Е.С.// В сборнике: Современные материалы, техника и технология. сборник научных статей 12-й Международной научно-практической конференции. Курск, 2022. С. 193-196.

Vladislav Fetisov Sergeevich, PhD student (e-mail: vladislav.fetisov.2016102@mail.ru)

Vladimir Alekseevich Konchin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor (e-mail: konchin98@mail.ru)

Kursk State Agrarian University, Kursk

ANALYSIS OF ELECTROLYTE CONCENTRATION DURING RESTORATION AND HARDENING OF AGRICULTURAL MACHINERY PARTS

This article analyzes the prospects for the use of composite electrolytic coatings (CEP) in agriculture. The theoretical and practical aspects of the technology are considered, including the definition of the term "composite", the study of the component and chemical composition of the electrolyte, the analysis of the materials used and their key advantages. The study aims to assess the potential of CEP to improve the reliability and durability of agricultural machinery, as well as to assess the possibilities for further development of this technology.

Keywords: electrodeposition, composite coatings, coefficient of friction, matrix, dispersed particles.

ВЛИЯНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Фетисов Владислав Сергеевич, аспирант

(e-mail: vladislav.fetisov.2016102@mail.ru)

Кончин Владимир Алексеевич, к.т.н., доцент

(e-mail: konchin98@mail.ru)

Курский ГАУ, г. Курск

Статья посвящена исследованию современных методов нанесения композиционных покрытий, предназначенных для увеличения надежности и долговечности сельскохозяйственных машин. В условиях экстремальных эксплуатационных нагрузок, обусловленных абразивной пылью, коррозионными веществами, высокими температурами и механическими воздействиями, традиционные материалы зачастую не справляются с требованиями к безопасности и эффективности техники. Особое внимание уделено электролитическим композиционным покрытиям (ЭКП), представляющим собой многокомпонентные системы, где металлическая матрица комбинируется с дисперсными частицами для повышения износостойкости, твердости и коррозионной защиты.

Ключевые слова: электроосаждение, композиционные покрытия, коэффициент трения, матрица, дисперсные частицы.

Современное сельское хозяйство устанавливает высокие требования к надежности и долговечности машин и оборудования. Постоянное воздействие агрессивной среды – абразивной пыли, коррозионных веществ, высоких температур и механических нагрузок – значительно сокращает срок службы агрегатов. Одним из эффективных способов повышения эксплуатационных характеристик техники является применение композиционных покрытий, способных защитить рабочие поверхности, уменьшить коэффициент трения и повысить устойчивость к износу [1-3]. Целью данной статьи является анализ современных методов нанесения композиционных покрытий, их влияние на эксплуатационные показатели сельскохозяйственной техники, а также обоснование эффективности этой технологии.

По информации на 2025 год, значительная часть сельскохозяйственного машинно-тракторного парка (МТП) России продолжает работать на высоком уровне износа, более чем на 75-85 % выработав свой ресурс. Качество многих отечественных сельскохозяйственных машин по-прежнему не соответствует современным стандартам. Согласно последним данным, около 80 % техники, исследуемой на машиноиспытательных станциях, производится с отклонениями от утвержденных технических стандартов, а более 50 % не отвечает требованиям безопасности. При этом темпы списания сельскохозяйственной техники в последние годы превышают темпы её поступления в 4-6 раз. Сельскохозяйственным машинам и оборудованию приходится работать в экстремальных условиях: при воздействии абразивных частиц, высокой влажности, агрессивной химической среде (удобрения, пестициды) и значительных механических нагрузках. Вышеуказанные факторы приводят к ускоренному износу металлических поверхностей, развитию коррозии, разрушениям по причине повышенного трения между движущимися частями, снижению эффективности работы агрегатов. Это, в свою очередь, может стать причиной неприятных экономических и эксплуатационных последствий: сокращение срока службы техники, увеличение расходов на ремонт и замену деталей, что особенно критично для сельскохозяйственных предприятий с ограниченным бюджетом [4-6]. Около половины себестоимости сельскохозяйственной продукции приходится на затраты на эксплуатацию машинно-тракторного парка, при этом до 40 % из них приходится на техническое обслуживание и хранение машин. Потери сельского хозяйства из-за низкого технического уровня и надежности машин ежегодно составляют не менее 240 млрд рублей. Повышение износостойкости и снижение затрат на обслуживание напрямую повлияют на производительность и экономическую эффективность сельскохозяйственного производства.

Электролитические композиционные покрытия (ЭКП) являются одним из наиболее эффективных видов покрытий. Они представляют собой многокомпонентные системы, в которых металлическая матрица дополняется дисперсными частицами другой фазы. Благодаря этому улучшаются физико-механические и эксплуатационные характеристики покрытия, такие как износостойкость, твердость и коррозионная стойкость. В машиностроении и сельскохозяйственной технике ЭКП находят широкое применение, поскольку позволяют повысить ре-

сурс изнашиваемых деталей, уменьшить коэффициент трения и снизить вероятность разрушения элементов в процессе работы.

В последние годы в данной области проводится активная научно-исследовательская работа, направленная на улучшение состава электролитов, методов осаждения покрытий и контроля их свойств. Разрабатываются новые технологии, которые позволяют не только повысить качество нанесенных покрытий, но и сделать процесс их получения более экономичным и экологически безопасным. Особое внимание уделяется оптимизации структуры покрытия, распределению дисперсных частиц внутри металлической матрицы и выбору компонентов, обеспечивающих максимальную адгезию и механическую прочность.

Практическое применение ЭКП уже показало свою эффективность в ремонте и восстановлении деталей сельскохозяйственной техники [7-8]. Например, использование метода холодного газодинамического напыления композитных покрытий позволило значительно продлить срок службы гидроцилиндров, шестерен, валов и других элементов, подверженных интенсивному износу.

Композиционные покрытия представляют собой многослойные материалы, состоящие из матрицы (например, полимерной, металлической или керамической) и наполнителей – твердых частиц (керамики, карбида, оксидов), обладающих высокими механическими свойствами. Благодаря синергетическому эффекту между компонентами достигается полезный эффект: износостойкость, коррозионная защита, тепловая стабильность, уменьшение трения.

Наиболее распространенными видами композиционных покрытий для сельскохозяйственной техники являются:



Рисунок 1 – Виды композиционных покрытий

Для получения определенных свойств композиционных материалов добавляются различные наполнители и добавки, которые изменяют их механические,

физические, термические или другие характеристики. В зависимости от требуемых свойств, такие материалы могут включать:

Для повышения износостойкости:

- Твердосплавные порошки (карбид вольфрама, карбид титана) — добавляются для улучшения износостойкости материалов в условиях абразивного воздействия.

- Керамика — для создания износостойких покрытий, например, покрытие рабочей части машин в аграрной технике.

Для улучшения термических свойств:

- Графит — добавляется для улучшения теплопроводности.

- Бориды (например, борид титана) — используются для улучшения термической стойкости и сопротивления высокой температуре.

Для улучшения коррозионной стойкости:

- Никель и его сплавы — применяются для улучшения коррозионной стойкости, особенно в химически агрессивных средах.

- Фторполимеры — добавляются для обеспечения стойкости к химическим воздействиям и высокой температуре.

Выбор наполнителя зависит от конечных требований к материалу: для повышения прочности, термических свойств, коррозионной стойкости, электропроводности или других характеристик.

Примеры применения в сельскохозяйственной технике: для улучшения износостойкости и коррозионной стойкости рабочих органов сельскохозяйственной техники могут использоваться композиты с добавлением карбидов или керамических материалов.

Анализ проведенных практических экспериментов в отечественных и зарубежных лабораториях показал, что применение композиционных покрытий приводит к снижению износа деталей до 30–50 % по сравнению с традиционными покрытиями [9–11]. Так, исследования, опубликованные в журналах, индексируемых в Scopus и WoS, подтверждают, что использование металлических матричных покрытий с керамическими наполнителями повышает износостойкость и снижает энергорасходы агрегатов.

Применение эпоксидных покрытий с армирующими добавками на элементах сельскохозяйственных тракторов и комбайнов снизило износ ходовой части, что позволило увеличить срок эксплуатации на 25–30 %.

оборудование для переработки сельскохозяйственной продукции. Покрытия, нанесённые методом плазменной наплавки, продемонстрировали высокую адгезию и защиту от коррозии, что уменьшило время простоя оборудования в период сезонных работ.

Благодаря увеличению срока службы деталей и уменьшению частоты ремонта, применение композиционных покрытий способствует снижению эксплуатационных затрат. Для аграриев это особенно важно в условиях ограниченного бюджета.

В свою очередь, детали с электролитическими покрытиями менее подвержены отказам, что увеличивает общую надежность машин и оборудования. Это

ведет к снижению риска аварий и простоев, а значит, повышению производительности сельскохозяйственного предприятия.

С учетом развития нанотехнологий и новых методов нанесения, ожидается, что эффективность композиционных покрытий будет продолжать расти. Исследователи прогнозируют появление покрытий, обладающих «умными» свойствами, способных адаптироваться к изменению условий эксплуатации. Композиционные покрытия представляют собой перспективное направление, способное значительно повысить эксплуатационные характеристики сельскохозяйственной техники. Применение таких покрытий позволяет увеличить износостойкость, снизить коэффициент трения, обеспечить коррозионную защиту и повысить тепловую стабильность оборудования, что напрямую влияет на экономическую эффективность и надежность сельскохозяйственных предприятий. Для дальнейшего развития этой области необходимы совместные усилия производителей техники, исследовательских лабораторий и высших учебных заведений, а также активное внедрение инновационных технологий, модернизация химического состава электролита, а также методов проведения электролитического осаждения.

Список литературы

1. Кончин, В. А. Эффективность ресурсосбережения на предприятиях Курской области / В. А. Кончин // Качество продукции в АПК: контроль, управление, повышение, планирование : Сборник научных статей Международной научно-технической конференции, Курск, 05 апреля 2024 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2024. – С. 114–117.
2. Кончин, В. А. Политика экономии ресурсов на предприятиях Курской области / В. А. Кончин // Информационные системы и технологии АПК и ПГС : Сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции, Курск, 10 октября 2024 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2024. – С. 333–336.
3. Кончин, В. А. К вопросу об анализе дефектов, возникающих при эксплуатации почвообрабатывающих машин / В. А. Кончин // Роль аграрной науки в устойчивом развитии АПК : Материалы III Международной научно-практической конференции, посвященной 72-летию Курской ГСХА, Курск, 15 мая 2023 года. Том Часть 2. – Курск: Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова, 2023. – С. 40–44.
4. Белоусов, Н. И. Выбровка деталей машин и анализ их износа / Н. И. Белоусов, В. А. Кончин // Современные технологии, материалы и техника : сборник научных статей Всероссийской научно-технической конференции, Воронеж, 20 декабря 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2023. – С. 73–77.
5. Кончин, В. А. К вопросу о способе повышения ресурса рабочих органов сельскохозяйственных агрегатов, эксплуатируемых в коррозионно-абразивной среде / В. А. Кончин, О. С. Серникова, Е. В. Агеев // Современные проблемы и направления развития металловедения и термической обработки металлов и сплавов : Сборник научных статей 3-й Международной научно-практической конференции, посвященной памяти академика А.А. Байкова, Курск, 15 сентября 2022 года / Отв. редактор Е.В. Агеев. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 67–70.
6. Упрочнение деталей машин композиционными электроосажденными покрытиями с применением электроэрозионных диспергированных твердых сплавов / В. И. Серебровский, Е. В. Агеев, О. С. Серникова [и др.]. – Курск : Курский государственный аграрный университет им. И.И. Иванова, 2022. – 93 с. – ISBN 978-5-7369-0875-2. – EDN YTTWHA.

7. Оценка износостойкости плазменных покрытий лап культиваторов / Е. В. Агеева, В. В. Серебровский, В. А. Семыкин, В. А. Кончин // Технический сервис машин. – 2023. – Т. 61, № 4(153). – С. 83-89.

8. Кончин, В. А. К вопросу о промышленных наплавочных материалах, успешно применяемых при реновации деталей сельскохозяйственной техники / В. А. Кончин, Е. В. Агеев // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2023) : сборник научных статей 15-й Международной научно-технической конференции, Курск, 17 ноября 2023 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2023. – С. 104-108.

9. Кончин, В. А. Исследование износостойкости твердосплавных изделий, полученных из электроэрозионных твердосплавных порошков Т30К4 в дизельном топливе / В. А. Кончин, Е. В. Агеев // Современные технологии, материалы и техника : сборник научных статей Всероссийской научно-технической конференции, Воронеж, 20 декабря 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2023. – С. 282-286.

10. Кончин, В. А. Исследование элементного состава частиц порошка, полученного электродиспергированием сплава Т30К4 в дизельном топливе / В. А. Кончин, Е. В. Агеев // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2023) : сборник научных статей 15-й Международной научно-технической конференции, Курск, 17 ноября 2023 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2023. – С. 99-103.

11. Кончин, В. А. К вопросу об оптимизации плазменно-порошковой наплавки / В. А. Кончин // Современные проблемы и направления развития агроинженерии в России : сборник научных статей 3-й Международной научно-технической конференции, Курск, 20 октября 2023 года. – Курск: Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова, 2023. – С. 63-68.

12. Кончин, В. А. Особенности получения металлических порошков электроэрозионным методом / В. А. Кончин // Наука молодых - будущее России : сборник научных статей 8-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых, Курск, 12–13 декабря 2023 года. – Курск: Университетская книга, 2023. – С. 262-268.

Vladislav Fetisov Sergeevich, PhD student

*Vladimir Alekseevich Konchin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Kursk State Agrarian University, Kursk*

THE INFLUENCE OF COMPOSITE COATINGS ON THE PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF AGRICULTURAL MACHINERY AND EQUIPMENT

The article is devoted to the study of modern methods of applying composite coatings designed to increase the reliability and durability of agricultural machinery. Under conditions of extreme operating loads caused by abrasive dust, corrosive substances, high temperatures and mechanical influences, traditional materials often cannot cope with the requirements for safety and efficiency of technology. Special attention is paid to electrolytic composite coatings (ECPs), which are multi-component systems where a metal matrix is combined with dispersed particles to increase wear resistance, hardness and corrosion protection.

Keywords: electrodeposition, composite coatings, coefficient of friction, matrix, dispersed particles.

ИННОВАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В КОНСТРУКЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Холодов Дмитрий Сергеевич, магистрант,

(e-mail: dmitriykhodov@mail.ru)

Руденко Вероника Викторовна, к.т.н., доцент

(e-mail: rudenko@list.ru)

Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова

В данной статье рассматриваются инновационные материалы, используемые в конструкции энергетических установок, и их влияние на эффективность и устойчивость энергетических систем.

Ключевые слова: Инновационные материалы, энергетические установки, возобновляемые источники энергии, солнечные панели, материаловедение, композиты

Инновационные материалы играют ключевую роль в повышении эффективности и надежности энергетических установок. Новые материалы, такие как высокоэффективные полупроводники, легкие композиты и наноматериалы, открывают возможности для разработки более производительных солнечных панелей, ветровых турбин и ядерных реакторов. Например, использование перовскитных солнечных элементов может значительно повысить эффективность преобразования солнечной энергии, а углеродные волокна в лопастях ветровых турбин позволяют уменьшить вес конструкции и увеличить ее прочность. Кроме того, технологии хранения энергии, такие как твердотельные аккумуляторы и суперконденсаторы, обеспечивают более эффективное использование возобновляемых источников. Интеграция искусственного интеллекта в управление энергосистемами открывает новые возможности для оптимизации процессов генерации и распределения энергии.

Современные технологии производства солнечных панелей и ветровых турбин активно используют высокоэффективные материалы, что позволяет достигать большей производительности систем. Например, новые типы полупроводниковых материалов для солнечных элементов обеспечивают КПД до 24% и увеличивают срок службы модулей до 40-50 лет. Это достигается благодаря использованию модифицированных полимеров и специальных наполнителей, которые улучшают оптические характеристики и термостойкость.

Солнечные панели, как правило, изготавливаются из кремния; однако новые разработки включают использование перовскитов — материалов, которые могут значительно повысить эффективность преобразования солнечной энергии. Перовскитные солнечные элементы демонстрируют потенциал для достижения КПД свыше 30%, что делает их перспективными для массового производства. Перовскиты также обладают высокой гибкостью в производственных процессах; их можно наносить на различные подложки с использованием методов напыления или печати. Это открывает новые горизонты для интеграции солнеч-

ных элементов в архитектурные конструкции — от окон до кровельных покрытий — что делает их более доступными для массового использования.

Совсем недавно появились разработки по созданию органических солнечных элементов (ОСЭ), которые используют углеродные соединения для генерации электричества[1]. Эти элементы имеют низкую стоимость производства и могут быть применены в различных условиях — от мобильных устройств до стационарных систем.

Ветровые турбины также выигрывают от применения новых материалов. Легкие и прочные композиты, такие как углеродные волокна и стеклопластик, используются для изготовления лопастей турбин. Эти материалы не только уменьшают вес конструкции, но и повышают ее устойчивость к механическим нагрузкам и коррозии. В результате это позволяет увеличить размеры лопастей, что ведет к повышению общей эффективности установки.

Помимо этого, исследуются возможности применения биомиметических технологий — например, создание лопастей с формой, имитирующей крылья птиц или плавники рыб. Это может привести к улучшению аэродинамических свойств и снижению шума при работе турбин.

В ядерной энергетике также наблюдается активное развитие новых материалов. В частности, для термоядерных реакторов требуются специальные бланкеты и системы контроля горения, которые должны выдерживать экстремальные условия, такие как высокая плотность энергии и потоки нейтронов. Исследования в этой области направлены на создание материалов, которые могут эффективно функционировать в таких условиях. В настоящее время активно исследуются новые методы переработки ядерного топлива с использованием инновационных материалов - использование специальных катализаторов и мембран для отделения полезных изотопов от отходов, что позволит значительно снизить экологическую нагрузку на окружающую среду[3].

Разработка технологий замкнутого цикла переработки ядерного топлива становится все более актуальной. Использование новых мембранных технологий позволяет эффективно отделять полезные изотопы урана от отходов за счет селективной фильтрации на молекулярном уровне. Это не только увеличивает выход полезного материала из отходов, но также уменьшает объем радиоактивных отходов.

Кроме того, ведутся работы по разработке методов переработки отработанного ядерного топлива с использованием экстракционных процессов на основе растворителей нового поколения. Эти методы могут значительно улучшить эффективность переработки за счет снижения затрат на химические реагенты[3].

Перспективы развития инновационных материалов в энергетике выглядят многообещающе. Ожидается, что дальнейшие исследования приведут к созданию еще более эффективных и экологически чистых технологий. Например, разработка суперконденсаторов и новых типов батарей позволит значительно улучшить системы хранения энергии[1].

Современные технологии хранения энергии становятся все более важными в контексте перехода к возобновляемым источникам. Новые материалы для ак-

кумуляторов на основе лития, натрия и других элементов обеспечивают большую емкость и скорость зарядки[2]. Исследования в области твердотельных аккумуляторов обещают повысить безопасность и долговечность батарей за счет использования не горючих электролитов[4].

Твердотельные аккумуляторы имеют потенциал заменить традиционные литий-ионные батареи благодаря своей высокой плотности энергии и безопасности эксплуатации. Они могут работать при более широком диапазоне температур без риска перегрева или воспламенения.

Активно исследуются технологии «умных» батарей с возможностью самообслуживания: такие устройства могут самостоятельно диагностировать проблемы или оптимизировать процесс зарядки/разрядки на основе анализа данных о потреблении энергии.

Использование искусственного интеллекта (AI) для оптимизации управления энергосистемами может повысить надежность и эффективность работы установок. AI позволяет анализировать большие объемы данных о работе оборудования, предсказывать возможные сбои и автоматически регулировать параметры работы систем для достижения максимальной эффективности, прогнозировать потребление энергии на основе исторических данных о потреблении и внешних факторов.

Системы управления на основе AI могут интегрироваться с распределенными энергосистемами (DER), что позволяет оптимизировать распределение ресурсов на уровне местного сообщества или региона.

Новые материалы будут разрабатываться с учетом необходимости противостоять коррозии и другим неблагоприятным условиям эксплуатации. Например, использование наноструктурированных покрытий может значительно увеличить срок службы оборудования за счет повышения его устойчивости к химическим воздействиям и механическим повреждениям[5].

Также стоит отметить важность разработки multifunctional материалов — например, таких как самозаживляющиеся полимеры или покрытия с антибактериальными свойствами — которые могут повысить надежность работы оборудования в сложных условиях эксплуатации.

Таким образом, инновационные материалы становятся основой для создания более эффективных и устойчивых энергетических установок. Применение новых технологий в производстве солнечных панелей, ветровых турбин и ядерных реакторов не только повышает их производительность, но также способствует переходу к более экологически чистым источникам энергии.

Список литературы

1. Использование биогазовых установок для удаленных сельскохозяйственных объектов Худенцов А.Е., Руденко В.В. Электроэнергетика сегодня и завтра: сборник научных статей 3-й Международной научно-технической конференции. - Курск, 2024. - С. 373-376.
2. Анализ применения энергетических хранилищ для обеспечения надежности электроснабжения удаленных сельскохозяйственных объектов Арпьев А.О., Руденко В.В. Электроэнергетика сегодня и завтра: сборник научных статей 3-й Международной научно-технической конференции. - Курск, 2024. - С. 38-41

3. Уваров, А. "Материалы, реакторы, мегасайенс: будущее атомной отрасли." - 2024 РБК. Доступно по ссылке: [РБК 1](#).
4. Кокшаров, В. "Как российские ученые создают возобновляемые источники энергии." - 2022. Уральский федеральный университет. Доступно по ссылке: [УрФУ 2](#).
5. "Ученые улучшили материалы для перспективных источников энергии." - 2024. Научная Россия. Доступно по ссылке: [Научная Россия 4](#).
6. Руденко, В. В. Цифровая трансформация электроэнергетики / В. В. Руденко, Д. А. Богатырев, В. С. Фетисов // Электроэнергетика сегодня и завтра : сборник научных статей Международной научно-технической конференции, Курск, 30 марта 2022 года / Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2022. – С. 139-141. – EDN HXAETS.
7. Руденко, В. В. Повышение эффективности энергосберегающих технологий / В. В. Руденко // Актуальные проблемы и инновационная деятельность в агропромышленном производстве : материалы Международной научно-практической конференции, Курск, 28–29 января 2015 года / Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. Том Часть 2. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия им. профессора И.И. Иванова, 2015. – С. 69-71. – EDN UGARXX.
8. Руденко, В. В. Анализ цифровых решений в АПК / В. В. Руденко, В. В. Савченко // Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса : Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Курск, 03–04 декабря 2020 года. Том Часть 4. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, 2020. – С. 118-120. – EDN KODFLM.
9. Руденко, В. В. Совершенствование задач технического регулирования в системах управления АПК с использованием геоинформационных технологий / В. В. Руденко, Л. Г. Мамонова // Научное обеспечение агропромышленного производства : Материалы Международной научно-практической конференции, Курск, 25–27 января 2012 года. Том Часть 3. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия им. профессора И.И. Иванова, 2012. – С. 171-175. – EDN UNISOV.
10. Руденко, В. В. Эксплуатация энергетических установок в сельской местности / В. В. Руденко, Е. А. Малеев // Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса : Сборник научных статей 2-й Всероссийской научно-технической конференции, Курск, 05 июня 2024 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2024. – С. 94-97. – EDN HQAQIL.

Kholodov Dmitry S., Master's student,

(e-mail: dmitrykholodov@mail.ru)

Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov, Kursk, Russia

Rudenko Veronika V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor (e-mail: rudencko@list.ru)

Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov, Kursk, Russia

INNOVATIVE MATERIALS IN THE CONSTRUCTION OF POWER PLANTS

Abstract. This article examines the innovative materials used in the construction of power plants and their impact on the efficiency and sustainability of energy systems.

Keywords: Innovative materials, power plants, renewable energy sources, solar panels, materials science, composites

ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Чемеров Кирилл Геннадьевич, магистрант,

(e-mail: Infinity_laws@mail.ru)

Руденко Вероника Викторовна, к.т.н., доцент

(e-mail: rudencko@list.ru)

Курский государственный аграрный университет
имени И.И. Иванова

В данной статье рассматриваются основные проблемы, связанные с электроэнергетикой в агропромышленном комплексе, а также пути их решения и перспективы развития.

Ключевые слова: электроэнергия, цена, электричество, проблема.

Агропромышленный комплекс (АПК) включает в себя производство, переработку сельскохозяйственной продукции, сбыт и другие отрасли. Электроэнергетика является одним из ключевых компонентов успешного функционирования АПК.

Эффективное использование электроэнергии может повысить производительность, уменьшить затраты и улучшить качество производимой продукции. Однако, в настоящее время АПК сталкивается с рядом проблем в области электроэнергетики[1].

К одним из главных проблем можно отнести недостаток надежного и качественного энергоснабжения. Во многих регионах страны наблюдается нехватка энергии, что негативно сказывается на производственных мощностях.

Дефицит электроэнергии зачастую приводит к простоем оборудования, снижению производительности и увеличению затрат на производство. Чаще всего стабильность энергоснабжения нарушается из-за неэффективного управления энергосистемами, износа энергетической инфраструктуры и нехватки инвестиционного финансирования на модернизацию.

Также стоит отметить, что отключения электроэнергии могут приводить к более серьезным последствиям для производителей. Например, резкая приостановка подачи электроэнергии в теплицу может привести к гибели растений от температурного перепада[2].

Состояние энергетической инфраструктуры в агропромышленном комплексе нуждается в регулярном совершенствовании. Большинство объектов, особенно в сельской местности, используют устаревшее оборудование, что сказывается на надежности энергоснабжения.

Износ кабелей и трансформаторов приводит к возрастанию числа аварийных отключений, снижению качества электроснабжения и повышению потерь электроэнергии. Это также требует значительных затрат на ремонт и восстановление систем энергоснабжения.

Для решения этих проблем необходимо инвестирование в модернизацию инфраструктуры. Современное оборудование позволяет значительно уменьшить

потери электроэнергии и повысить эффективность работы. Инвестиции в обновление сетей, трансформаторных подстанций и распределительных систем помогут повысить надёжность, снизить риски сбоев и сделают систему более устойчивой к внешним факторам.

Цены на электроэнергию также играют немалую роль в формировании себестоимости продукции в агропромышленном комплексе. Высокие тарифы на электроэнергию негативно сказываются на доходах фермеров и переработчиков продукции. Это ведёт к необходимости оптимизации расходов и поиску альтернативных источников энергии.

Сельхозпроизводители часто вынуждены увеличивать шансы на выживание, сокращая объёмы производства или повышая цены на свою продукцию. В итоге эти факторы влияют на конечного потребителя.

К тому же необходимо отметить, что современный рынок электроэнергии в России пока не адаптирован к мощности нарастающего агропромышленного комплекса. Отсутствие гибкой тарифной политики и учёт специфики работы сельскохозяйственных предприятий вынуждает многих производителей искать альтернативные пути решения проблем.

Для преодоления данной сферы необходимо создать специальные тарифные модели, которые учитывают сезонность и специфические потребности агропромышленных предприятий. Введение льготных тарифов в определенные периоды поможет существенно сократить расходы на производство сельскохозяйственной продукции.

Вопросы экологии также актуальны для электроэнергетики в АПК. Использование традиционных источников энергии, таких как уголь или газ, приводит к выбросу газов, которые вызывают явление парникового эффекта, что негативно сказывается на состоянии окружающей среды.

Агропромышленные предприятия стоят перед задачей не только обеспечить свою энергобезопасность, но и соответствовать современным экологическим требованиям. Нормативные акты ужесточают требования в этой сфере.

Устойчивое развитие становится ключевым критерием для многих агропромышленных компаний. Переход на возобновляемые источники энергии и внедрение технологий, позволяющих минимизировать экологический след, становятся необходимостью в нынешней конкурентной среде. Также актуален вопрос энергосбережения в АПК. Необходим комплексный подход и сочетание всех возможных факторов.

Новые подходы к производству, такие как интеграция агрономии и экологии, могут привести к созданию новых рабочих мест и повышению конкурентоспособности предприятий.

Немаловажен вопрос экономии электроэнергии. Так, необходимо модернизировать осветительные системы на современные энергоресурсосберегающие, пользоваться оптимальным графиком работы оборудования, следить за исправностью техники и нахождении ее в рабочем состоянии.

Модернизация электрооборудования приведет к снижению затрат на электроэнергию, которые в свою очередь повлияет на стоимость продукции.

Таким образом, основными направлениями развития электроэнергетической системы АПК должны стать: использование возобновляемых источников энергии; повышение эффективности использования электрической энергии как ресурса для АПК, которая определяет во многом стоимость агропродукции, использование потенциала энергосбережения для всех категорий потребителей[3].

Список литературы

1. Руденко В.В., Малеев Е.А. Эксплуатация энергетических установок в сельской местности Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса: сборник научных статей 2-й Всероссийской научно-технической конференции. - Курск, 2024. - С. 94-97.
2. Путищев Е.А., Руденко В.В. Энерго-ресурсосберегающие осветительные системы в сельскохозяйственном производстве Электроэнергетика сегодня и завтра: сборник научных статей 3-й Международной научно-технической конференции. - Курск, 2024. С. - 245-248.
3. Вебски К, Астахова Е., Роль электроэнергетики в развитии агропромышленного комплекса. Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences, 2017, стр.464-471.
4. Руденко, В. В. Цифровая трансформация электроэнергетики / В. В. Руденко, Д. А. Богатырев, В. С. Фетисов // Электроэнергетика сегодня и завтра : сборник научных статей Международной научно-технической конференции, Курск, 30 марта 2022 года / Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2022. – С. 139-141. – EDN HXAETS.
5. Руденко, В. В. Повышение эффективности энергосберегающих технологий / В. В. Руденко // Актуальные проблемы и инновационная деятельность в агропромышленном производстве : материалы Международной научно-практической конференции, Курск, 28–29 января 2015 года / Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. Том Часть 2. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия им. профессора И.И. Иванова, 2015. – С. 69-71. – EDN UGARXX.
6. Руденко, В. В. Анализ цифровых решений в АПК / В. В. Руденко, В. В. Савченко // Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса : Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Курск, 03–04 декабря 2020 года. Том Часть 4. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, 2020. – С. 118-120. – EDN KODFLM.
7. Руденко, В. В. Совершенствование задач технического регулирования в системах управления АПК с использованием геоинформационных технологий / В. В. Руденко, Л. Г. Мамонова // Научное обеспечение агропромышленного производства : Материалы Международной научно-практической конференции, Курск, 25–27 января 2012 года. Том Часть 3. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия им. профессора И.И. Иванова, 2012. – С. 171-175. – EDN UNISOV.
8. Руденко, В. В. Эксплуатация энергетических установок в сельской местности / В. В. Руденко, Е. А. Малеев // Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса : Сборник научных статей 2-й Всероссийской научно-технической конференции, Курск, 05 июня 2024 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2024. – С. 94-97. – EDN HQAQIL.

Kirill Gennadievich Chemerov, Master's student,

Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov

Veronika V. Rudenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov

PROBLEMS OF ELECTRIC POWER IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

Abstract. This article examines the main problems related to the electric power industry in the agro-industrial complex, as well as ways to solve them and prospects for development.

Keywords: electricity, price, electricity, problem.

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ КРЫШНЫХ ГАЗОВЫХ ОТОПИТЕЛЬНЫХ КОТЕЛЬНЫХ СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ

Шамонин Александр Андреевич, студент

(e-mail: shaman0507@mail.ru)

Уляхин Владислав Игоревич, студент

(e-mail: uvlad2001@mail.ru)

Самарский государственный технический университет

В данной статье раскрываются преимущества и недостатки крышной газовой отопительной котельной средней мощности, а также опыт эксплуатации таких котельных.

Ключевые слова: крышная котельная, теплопотери, опыт эксплуатации, обслуживание.

Крышные газовые отопительные котельные (КГОК) средней мощности (обычно от 100 кВт до 1 МВт) получили широкое распространение в последние десятилетия, особенно в условиях плотной городской застройки. Они представляют собой эффективное и экономичное решение для отопления и горячего водоснабжения жилых, общественных и производственных зданий. Однако, успешная и безопасная эксплуатация КГОК требует внимательного подхода и учета ряда специфических особенностей. [1]

Преимущества и недостатки КГОК средней мощности

Прежде чем перейти к опыту эксплуатации, важно кратко рассмотреть основные преимущества и недостатки КГОК.

Преимущества:

- **Экономия площади:** Размещение котельной на крыше позволяет избежать использования ценных площадей внутри здания или на прилегающей территории.

- **Снижение капитальных затрат:** Отсутствие необходимости в строительстве отдельного здания для котельной снижает общие затраты на проект.

- **Сокращение тепловых потерь:** Расположение котельной непосредственно над отопляемыми помещениями минимизирует потери тепла в теплотрассе.

- **Снижение затрат на обслуживание:** Короткая теплотрасса упрощает обслуживание и уменьшает вероятность аварий, связанных с теплопотерями или повреждениями трубопроводов.

- **Гибкость и масштабируемость:** КГОК легко адаптируется к изменяющимся потребностям в тепловой энергии.

- **Экологичность:** Современные газовые котлы характеризуются высокой эффективностью и низким уровнем выбросов вредных веществ. [2]

Недостатки:

- **Сложность монтажа и обслуживания:** Подъем оборудования на крышу и проведение сервисных работ может быть затруднено.

- **Требования к несущей способности кровли:** Кровля здания должна выдерживать вес оборудования котельной и снеговой нагрузки.

- **Вибрация и шум:** Работающее оборудование котельной может создавать вибрацию и шум, которые необходимо минимизировать.

- **Требования к безопасности:** КГОК, особенно на жилых зданиях, предъявляют повышенные требования к безопасности.

- **Необходимость согласования с надзорными органами:** размещение КГОК требует согласования с различными надзорными органами, что может затянуть процесс ввода в эксплуатацию.

Опыт эксплуатации КГОК средней мощности

Опыт эксплуатации КГОК средней мощности показывает, что при правильном проектировании, монтаже и обслуживании они являются надежным и эффективным источником тепловой энергии. Однако, существует ряд важных аспектов, на которые следует обратить внимание:

1. Проектирование:

- **Выбор оборудования:** необходимо тщательно подбирать оборудование, учитывая конкретные потребности здания, климатические условия и требования к безопасности. Рекомендуется использовать котлы с высоким КПД и низким уровнем выбросов.

- **Расчет несущей способности кровли:** необходимо провести тщательный расчет несущей способности кровли, чтобы убедиться в возможности размещения оборудования котельной без риска обрушения.

- **Виброизоляция и шумоизоляция:** следует предусмотреть меры по вибро- и шумоизоляции оборудования, чтобы минимизировать воздействие на жильцов здания.

- **Система дымоудаления:** необходимо правильно спроектировать систему дымоудаления, чтобы обеспечить эффективное удаление продуктов сгорания и предотвратить их попадание в здание.

- **Автоматизация и диспетчеризация:** рекомендуется использовать автоматизированные системы управления и диспетчеризации котельной, чтобы обеспечить ее эффективную и безопасную работу.

2. Монтаж:

- **Квалифицированный персонал:** монтаж КГОК должен выполняться квалифицированным персоналом, имеющим опыт работы с газовым оборудованием и соблюдающим все требования безопасности.

- **Точное соблюдение проектной документации:** необходимо строго соблюдать проектную документацию и требования нормативных документов при монтаже оборудования.

- **Контроль качества:** на всех этапах монтажа необходимо проводить контроль качества выполненных работ.

- **Испытания и пусконаладочные работы:** после монтажа необходимо провести испытания и пусконаладочные работы, чтобы убедиться в правильной работе оборудования и его соответствии требованиям безопасности.

3. Эксплуатация и обслуживание:

- **Квалифицированный персонал:** эксплуатацию и обслуживание КГОК должен осуществлять квалифицированный персонал, прошедший обучение и имеющий соответствующие допуски.

- **Регулярное техническое обслуживание:** необходимо регулярно проводить техническое обслуживание оборудования в соответствии с рекомендациями производителя.

- **Контроль параметров работы:** необходимо регулярно контролировать параметры работы котельной (температура, давление, расход газа и т.д.), чтобы своевременно выявлять и устранять отклонения от нормы.

- **Система аварийной сигнализации:** необходимо обеспечить наличие системы аварийной сигнализации, которая будет оперативно оповещать о возникновении нештатных ситуаций.

- **Своевременный ремонт:** необходимо своевременно проводить ремонт оборудования, чтобы предотвратить его выход из строя и обеспечить безопасную работу котельной.

- **Ведение эксплуатационной документации:** необходимо вести эксплуатационную документацию, в которой фиксируются все работы по обслуживанию и ремонту оборудования, а также результаты контроля параметров работы котельной. [3]

- **Соблюдение требований безопасности:** необходимо строго соблюдать требования безопасности при эксплуатации КГОК, чтобы предотвратить несчастные случаи и аварии.

- **Учет потребления газа:** необходимо вести учет потребления газа, чтобы контролировать эффективность работы котельной и выявлять возможные утечки. [4]

В заключении можно отметить, что опыт эксплуатации крышных газовых отопительных котельных средней мощности показывает, что они являются эффективным и экономичным решением для отопления и горячего водоснабжения зданий. Однако, для обеспечения надежной и безопасной работы КГОК необходимо уделять особое внимание проектированию, монтажу, эксплуатации и обслуживанию. Правильный выбор оборудования, квалифицированный персонал и своевременное техническое обслуживание являются залогом успешной и долговечной работы КГОК. Внедрение современных технологий автоматизации и диспетчеризации позволяет повысить эффективность работы котельной и снизить эксплуатационные затраты.

Список литературы

1. <https://www.bertex.ru/articles/dostoinstva-i-nedostatki-kryshnyh-kotelnyh/>
2. <https://kotel-modul.ru/boiler/gas/plyusy-i-minusy-kryshnykh-gazovykh-kotelnykh>
3. <https://snip.ruscable.ru/Data1/47/47039/index.htm>
4. <https://msptg.ru/kryshnye-kotelnye/>

Shamonin Alexander Andreevich, student
(e-mail: shaman0507@mail.ru)

Samara State Technical University, Russia
Ulyakhin Vladislav Igorevich, student

Samara State Technical University, Russia

OPERATIONAL EXPERIENCE OF ROOF-TOP GAS HEATING BOILERS OF MEDIUM POWER

Abstract. This article reveals the advantages and disadvantages of a roof-top gas heating boiler of medium power, as well as the experience of operating such boilers.

Keywords: roof-top boiler, heat loss, operating experience, maintenance.

ПРИМЕНЕНИЕ ОПТОВОЛОКОННЫХ ЛИНИЙ СВЯЗИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ АСУТП РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

Шамонин Александр Андреевич, студент

(e-mail: shaman0507@mail.ru)

Уляхин Владислав Игоревич, студент

(e-mail: uvlad2001@mail.ru)

Самарский государственный технический университет

В данной статье исследуется возможность применения оптоволоконных линий связи при проектировании автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) в теплоэнергетике.

Ключевые слова: энергетика, энергоэффективность, инновационные технологии, энергетическое развитие, энергобезопасность.

Волоконно-оптические линии связи (ВОЛС) — важный компонент современной телекоммуникационной инфраструктуры и основа для современной СКС (структурированной кабельной системы). С их помощью передаются данные, аудио- и видеосигналы на высоких скоростях. [1]

Теплоэнергетика включает в себя множество объектов, которые могут быть географически удалены друг от друга. Для управления такими системами требуется сбор данных с удаленных объектов; Передача данных в центр управления; Обратная связь для управления оборудованием. Распределенные системы АСУТП должны обеспечивать Высокую надежность; Минимальные задержки передачи данных; Устойчивость к внешним воздействиям (температура, влажность, электромагнитные помехи). [3]

Оптоволоконные линии связи обладают рядом преимуществ, которые делают их идеальным решением для АСУТП в теплоэнергетике:

1. Высокая пропускная способность
2. Дальность передачи
3. Устойчивость к помехам
4. Долговечность и надежность
5. Безопасность

Рассмотрим пример автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУТП) для тепловой сети, обслуживающей жилой микрорайон. [2]

В систему входят:

1. **Центральная котельная** — источник тепловой энергии.

2. **Тепловые пункты (ТП)** – распределенные объекты, расположенные в каждом доме микрорайона.

3. **Центр управления (диспетчерский пункт)** – место, где операторы контролируют и управляют всей системой. [1]

Оптоволоконные линии связи используются для передачи данных между объектами системы:

1. **От тепловых пунктов (ТП) к центру управления:**

- Данные о температуре теплоносителя, давлении, расходе и состоянии оборудования передаются по оптоволоконному кабелю в центр управления.

- Например, каждый ТП оснащен датчиками температуры и давления, которые собирают данные и отправляют их через оптоволоконный интерфейс.

2. **От центра управления к тепловым пунктам:**

- Команды управления (например, изменение температуры теплоносителя или включение/выключение насосов) передаются от центра управления к ТП по тем же оптоволоконным линиям. [4]

3. **Между центральной котельной и центром управления:**

- Данные о работе котельной (температура воды, давление пара, состояние горелок) передаются в центр управления для анализа и принятия решений.

Схема передачи сигналов

1. **Тепловые пункты (ТП):**

- Датчики температуры и давления собирают данные.

- Контроллеры ТП преобразуют данные в цифровой сигнал.

- Сигнал передается по оптоволоконному кабелю в центр управления.

2. **Центр управления:**

- Данные от всех ТП и котельной поступают в SCADA-систему (программное обеспечение для визуализации и управления).

- Операторы анализируют данные и принимают решения.

- Команды управления передаются обратно по оптоволоконным линиям к ТП и котельной. [1]

3. **Центральная котельная:**

- Получает команды от центра управления (например, увеличить температуру теплоносителя).

- Исполнительные механизмы (насосы, клапаны) выполняют команды.

Управление сигналом и его назначение

1. **Сбор данных:**

- Сигналы от датчиков (температура, давление, расход) передаются в центр управления для мониторинга состояния системы.

- Например, если давление в тепловой сети падает, система автоматически обнаруживает проблему и уведомляет оператора. [2]

2. **Анализ и принятие решений:**

- SCADA-система анализирует данные и выявляет отклонения от нормы.

- Например, если температура теплоносителя в одном из ТП ниже заданной, система может автоматически увеличить подачу тепла.

3. **Передача команд управления:**

- Сигналы от центра управления передаются к оборудованию (насосы, клапаны, горелки).

- Например, если температура на улице снизилась, система может увеличить температуру теплоносителя для поддержания комфортных условий в домах.

4. **Резервирование и безопасность:**

- Оптоволоконные линии обеспечивают резервирование каналов связи, что позволяет системе продолжать работу даже при повреждении одного из кабелей.

- Высокая защищенность оптоволоконной линии от помех и несанкционированного доступа обеспечивает безопасность данных. [3]

Оптоволоконные линии связи играют ключевую роль в проектировании АСУТП распределенных систем в теплоэнергетике. Они обеспечивают высокую скорость передачи данных, надежность и устойчивость к внешним воздействиям, что делает их незаменимым инструментом для автоматизации и управления сложными тепловыми сетями. Внедрение оптоволоконных технологий позволяет повысить эффективность, безопасность и экономичность теплоэнергетических систем, что способствует их устойчивому развитию в условиях цифровой трансформации.

Список литературы

1. Что такое волоконно-оптические линии связи (ВОЛС), принципы работы и особенности кабельных линий, URL: [https://selectel.ru/blog/focl/?ysclid=m8d1ytpbxc516135965] (дата обращения: 07.03.2025)

2. Оптоволоконные линии связи в теплоэнергетике, URL: [https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-volokonno-opticheskikh-linij-svyazi-v-energoobektah-novogo-pokoleniya?ysclid=m8d2gv7mf9828161372] (дата обращения: 07.03.2025)

3. Расчет осязаемой температуры., URL: [https://www.center-pss.ru/math/oshushaemaya-temperatura.htm] (дата обращения: 07.03.2025)

4. Многоуровневая распределенная система, URL: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2456747C1_20120720?ysclid=m8d2q7wm9w63889457] (дата обращения: 07.03.2025)

Shamonin Alexander Andreevich, student

Ulyakhin Vladislav Igorevich, student

Samara State Technical University

APPLICATION OF FIBER-OPTIC COMMUNICATION LINES IN DESIGNING AUTOMATED PROCESS CONTROL SYSTEMS FOR DISTRIBUTED SYSTEMS IN HEAT POWER ENGINEERING

Abstract. Modern heat power engineering is characterized by the complexity and distribution of control objects, such as boiler houses, heating networks, pumping stations and heat exchange points. For effective management of these objects, a reliable and high-speed communication system is required, capable of transmitting large amounts of data in real time.

This article examines the possibility of using fiber-optic communication lines in designing automated process control systems (APCS) in heat power engineering.

Key words: energy, energy efficiency, innovative technologies, energy development, energy security.

Научное издание

4-я Международная
научно-техническая конференция

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА: СЕГОДНЯ И ЗАВТРА

сборник научных статей

21 марта 2025 года

ISBN 978-5-00261-268-0



Подписано в печать 11.04.20254 г.
Формат 60х84 1/16, Бумага офисная
Уч.-изд. л. 11,7. Усл. печ. л. 10,7. Тираж 100 экз. Заказ № 2735

Отпечатано в типографии
Закрытое акционерное общество "Университетская книга"
305018, г. Курск, ул. Монтажников, д.12
ИНН 4632047762 ОГРН 1044637037829 дата регистрации 23.11.2004 г.
Телефон +7-910-730-82-83